ISSN 1415-3033

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

Circular Técnica 30

Brasília, DF
Dezembro, 2002

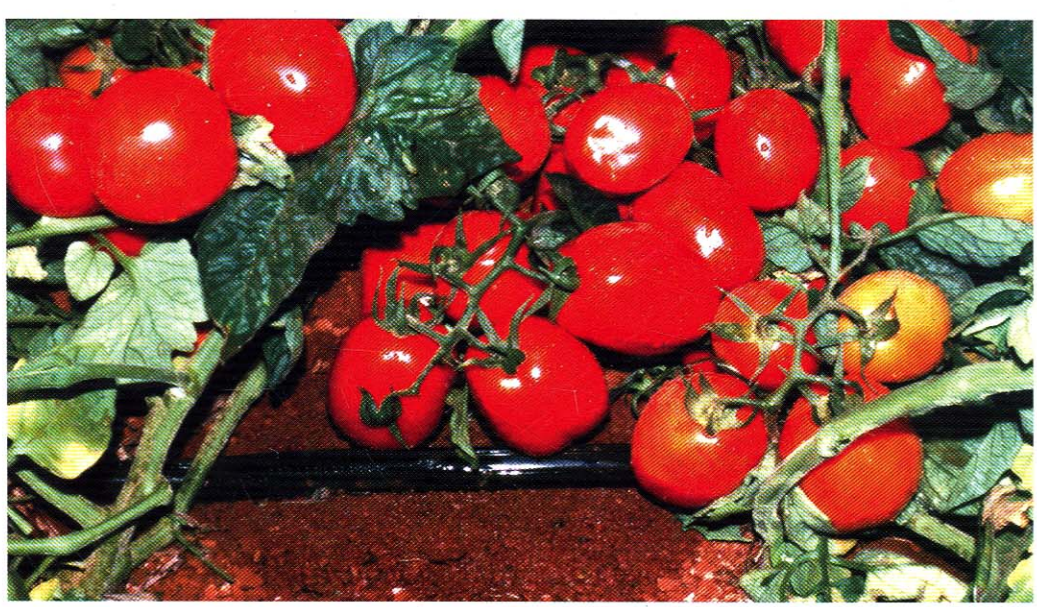
Tomateiro para Processamento Industrial: Irrigação e Fertirrigação por Gotejamento

Introdução

O tomateiro para processamento industrial é a hortaliça de maior importância econômica cultivada na região do Cerrado. Durante os anos de 2000 a 2002, a área cultivada nos Estados de Goiás e Minas Gerais foi, em média, de 13,2 mil hectares, representando cerca de 80% da área cultivada no Brasil.

A irrigação do tomateiro tem sido realizada predominantemente por aspersão, sendo o pivô central o sistema mais utilizado. Nos últimos anos, a utilização de pivô central vem sendo questionada pelo manejo inadequado da água de irrigação e falta de esquema eficiente de rotação de culturas, favorecendo, por exemplo, a ocorrência e o acúmulo de patógenos no solo, e, principalmente, pela necessidade da racionalização do uso de água e de energia. Além disso, por molhar a parte aérea das plantas, a aspersão ainda favorece uma série de doenças, como as provocadas por *Xanthomonas campestris* pv. vesicatoria e *Pseudomonas syringae* pv. tomato, podendo provocar perdas significativas na produção e na qualidade dos frutos.

Nos últimos três anos, o gotejamento vem se tornando uma opção viável para a irrigação do tomateiro devido, principalmente, à redução do custo do sistema e ao aprimoramento das tecnologias de produção. Por aplicar água diretamente no solo e junto à planta, sem molhar toda a superfície do solo, a folhagem e os frutos, o sistema reduz substanci-



Autores

Waldir A. Marouelli
Eng. Agrícola, Ph.D., Embrapa Hortaliças

Washington L. C. Silva
Eng. Agrônomo, Ph.D., Embrapa Hortaliças

Embrapa

almente O consumo de água e a incidência de doenças da parte aérea, aumentando a produtividade e a qualidade dos frutos. Em 2002, a área irrigada de tomateiro por gotejamento atingiu 620 ha, devendo, segundo previsão das indústrias de processamento, aumentar expressivamente nos próximos anos.

A viabilidade econômica do gotejamento somente é plenamente atingida quando o manejo da irrigação e da fertirrigação é realizado de forma eficiente e racional. Por favorecer que os nutrientes sejam fornecidos de forma parcelada, atendendo às necessidades das plantas, a fertirrigação contribui para que a fertilidade do solo seja mantida num nível próximo ao ótimo durante todo o ciclo da cultura, maximizando a absorção de nutrientes pelas raízes.

Esta circular é destinada a produtores e técnicos ligados à área de produção de tomate para processamento industrial. Tem por objetivo apresentar informações básicas, assim como aspectos relevantes e atuais sobre o manejo da água de irrigação e da fertirrigação por gotejamento.

Sistema por Gotejamento

Vantagens do Sistema

As principais vantagens do gotejamento, comparado à aspersão, para a irrigação do tomateiro são:

- Incremento de produtividade entre 20% e 40%: rendimentos de 100 a 140 t/ha podem ser facilmente obtidos.
- Menor gasto de- água: utiliza entre 20% e 40% a menos de volume água, por não molhar toda a superfície do solo e apresentar maior eficiência de irrigação.
- Maior eficiência (25% e 40%) no uso de água pelas plantas: 25 a 35 gramas de fruto por quilograma de água.
- Redução de 40% a 60% no uso de fungicidas: por não molhar a folhagem e os frutos e não lavar o fungicida aplicado, diminui a incidência de doenças da parte aérea.
- Maior flexibilidade no uso da fertirrigação: os fertilizantes são aplicados junto às raízes das plantas, em regime de alta freqüência conforme as necessidades das plantas, aumentando a eficiência de uso pelas plantas.
- Incremento na receita líquida do produtor entre 20% e 30%.

Alguns inconvenientes associados ao gotejamento são: maior custo inicial por unidade de área (R$ 6.000 a 10.000 t/ha contra R$ 3.500 a 5.000 t/ha na aspersão); possibilidade de entupimento dos gotejadores; necessidade de remoção das linhas de gotejadores ao final de cada safra. Entretanto, o maior custo do sistema é compensado por um incremento na receita total, enquanto que problemas de entupimento podem ser evitados com o tratamento da água e o manejo adequado da fertirrigação.

Características do Sistema

O sistema de irrigação por gotejamento é constituído, de forma geral, por: conjunto motobomba; cabeçal de controle (sistema de filtragem, sistema de injeção de fertilizantes); unidade de distribuição de água (linha adutora, linhas de distribuição, linhas laterias, gotejadores, válvulas, acessórios). Válvulas reguladoras de pressão, anti-vácuo e de final de linha devem ser utilizadas para um melhor funcionamento do sistema e maior eficiência da irrigação.

O sistema pode ser automatizado por meio de painéis controladores, válvulas hidráulicas e sensores (Fig. 1). Freqüentemente são utilizados controladores básicos, onde são programados apenas as datas, os horários e a duração das irrigações. Para tais controladores, a duração das irrigações devem ser

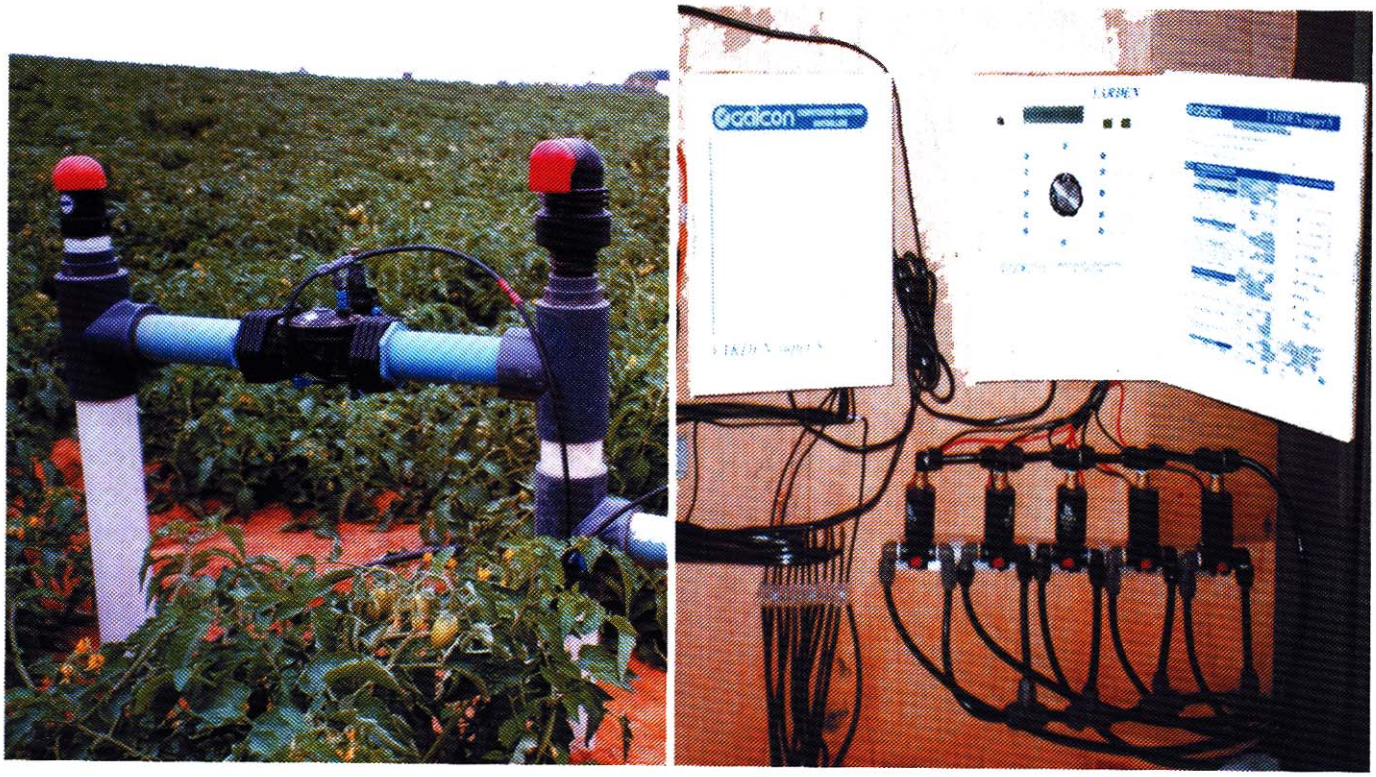


Fig. 1. Válvula hidráulica e painel de controle para automação da irrigação por gotejamento.

reprogramadas manualmente conforme variações na demanda de água durante o ciclo da cultura. Em controladores mais sofisticados, todavia, o ajuste pode ser realizado automaticamente por meio de sensores de umidade de solo e/ou climáticos. Os sistemas automatizados têm maior custo inicial, mas reduzem a utilização de mão-de-obra, erros de operação e proporcionam economia no dimensionamento hidráulico por permitirem que o sistema opere 24 horas por dia.

Para atender com eficiência às necessidades hídricas da cultura, o sistema deve ser dimensionado levando-se em consideração aspectos agronômicos, hidráulicos, operacionais e econômicos. Além disso, deve ser adotado um sistema de manutenção contínuo para se evitarem problemas de vazamentos e entupimentos, garantindo a uniformidade de emissão de água dos gotejadores. Procedimentos para o dimensionamento do sistema podem ser encontrados em publicações específicas. No Brasil, a elaboração do projeto, o fornecimento dos equipamentos e a implantação do sistema ficam, normalmente, sob a responsabilidade das empresas revendedoras.

Tipos de gotejadores

Entre os componentes do sistema, os gotejadores têm um dos mais importantes papéis no sucesso do empreendimento. Existe no mercado uma grande variedade de tipos de gotejadores. As principais características a serem observadas na escolha do gotejador são: custo, durabilidade, suscetibilidade ao entupimento, vazão, coeficiente de variação e expoente de descarga do gotejador.

As tubulações podem ser agrupadas nas categorias de fita gotejadora ("tape" ou cinta) e tubo gotejador. O diâmetro varia de 16 a 20 mm; e a espessura da parede, de 100 a 1.200 µm, sendo que as de maior espessura apresentam normalmente maior durabilidade. As tubulações com espessura entre 200 e 900 µm são as mais utilizadas por reduzirem custos e facilitarem o rebobinamento no final de cada safra.

O custo por metro linear das fitas gotejadoras não varia com o espaçamento entre emissores, pois os gotejadores são integrados à fita (moldados na própria parede da mangueira durante o processo de fabricação). Já os tubos gotejadores têm o custo aumentado quanto menor a distância entre gotejadores em razão de os emissores serem estruturas distintas, que são previamente manufaturados e posteriormente afixados internamente na parede do tubo durante o processo de extrusão (gotejador interno) ou acoplados externamente (gotejador tipo botão).

A suscetibilidade do gotejador ao entupimento depende, em grande parte, do diâmetro para passagem da água e do regime de fluxo. Em geral, maiores diâmetros e fluxo turbulento resultam em menor risco de entupimento. Entretanto, existem gotejadores que apresentam dispositivos ditos "auto-limpantes". Assim, a suscetibilidade ao entupimento pode ser avaliada usando informações do fabricante e experiência de campo.

Em geral, a vazão dos gotejadores varia de 0,5 a 4,0 L/h, sendo aqueles com vazão entre 1,0 e 2,0 L/h os mais utilizados. Gotejadores com alta vazão podem ter a vantagem de reduzir problemas de entupimento, devido ao maior diâmetro de passagem de água, e aumentar ligeiramente a largura da faixa de molhamento. Entretanto, exigem a utilização de linhas laterais com menor comprimento que gotejadores de baixa vazão para se atingir uma desejada uniformidade de emissão, o que aumenta o custo do sistema de irrigação.

O processo de fabricação pode afetar a variabilidade de descarga do gotejador, sendo a qualidade do processo indicado pelo coeficiente de variação do gotejador. Quanto menor o coeficiente de variação, menor a variação de vazão para uma mesma pressão e melhor a qualidade de fabricação do gotejador. Coeficientes inferiores a 0,05 são considerados excelentes, entre 0,05 e 0,10 são aceitáveis e acima de 0,20 são inaceitáveis.

Uma das características mais importantes do gotejador é a interdependência da vazão a variações de pressão, expressa pelo expoente de descarga do gotejador. Quanto maior o expoente, maior a sensibilidade da vazão a variações de pressão. Um expoente igual a 1,0 (fluxo laminar) indica que o gotejador é totalmente sensível a variações de pressão, ou seja, uma variação de 20% de pressão causa 20% de variação de vazão. Um expoente igual a 0,5 (fluxo turbulento) significa que 20% de variação de pressão causa 10% de variação de vazão. Já um expoente igual a zero (totalmente autocompensante) significa que a vazão não é afetada por variações de pressão. A maioria dos gotejadores disponíveis no mercado apresentam expoentes de descarga entre 0,3 a 0,7. Os gotejadores chamados autocompensantes não têm efetivamente expoente zero, mas entre 0,1 e 0,3. Por suas características de fabricação, os gotejadores autocompensantes permitem o uso de laterais mais longas e são indicados para terrenos ondulados, sendo a uniformidade de emissão afetada mais por problemas de entupimento ou qualidade de fabricação do que por variações de vazão. Todavia, apresentam custo mais elevado que os demais tipos de gotejadores.

Profundidade de instalação dos gotejadores

O sistema de irrigação por gotejamento pode ser classificado em superficial e subterrâneo. No Brasil, o sistema subterrâneo é muito pouco utilizado para hortaliças. O comum é instalar as linhas laterais de gotejadores na superfície do solo próximas à fileira de plantas.

Para minimizar danos mecânicos à tubulação e os causados principalmente por roedores, cupins e alguns tipos de formigas, bem como facilitar as práticas cultu-

rais e de colheita, a lateral pode ser instalada a cerca de 5 cm de profundidade. Neste caso, devem-se utilizar tubos de maior espessura de parede visando minimizar danos à tubulação e facilitar sua retirada após a colheita.

Além das vantagens normais do gotejamento, o sistema subterrâneo apresenta algumas outras adicionais: menor uso de água em razão da redução da evaporação de água do solo; menor ocorrência de apodrecimento de frutos devido ao fruto não entrar contato com o solo úmido; menor uso de mão-de-obra; e aumento da vida útil do sistema devido à não necessidade de remoção das linhas laterais ao final de cada ciclo da cultura. Para tal, faz-se necessário que a lateral seja instalada a uma profundidade suficiente para que a superfície do solo permaneça seca e que não haja danos à tubulação durante o preparo do solo.

Para solos de cerrado, a instalação dos gotejadores entre 10 e 20 cm de profundidade possibilita alta produtividade, mas requer o uso da aspersão, durante o estádio inicial de estabelecimento da cultura (10 a 20 dias), para auxiliar o pegamento de mudas. Ademais, laterais instaladas a estas profundidades não podem ser facilmente retiradas ao final de cada colheita, devendo permanecer instaladas no campo. Assim, para que não sejam danificadas por discos de grade e arado, devem-se implementar ajustes no sistema de preparo do solo, adotando-se, por exemplo, o plantio direto de mudas. Profundidades maiores que 20 cm não devem ser utilizadas, pois o suprimento de água às plantas é deficiente e a produtividade drasticamente reduzida.

Para se evitar problemas de entupimentos no gotejamento subterrâneo, alguns cuidados devem ser tomados: usar gotejadores recomendados para tal finalidade; posicionar os gotejadores virados para cima; usar válvulas anti-vácuo para prevenir a sucção de partículas sólidas para dentro da tubulação; e prevenir a entrada de raízes nos gotejadores. Para se evitar a entrada de raízes nos gotejadores, pode-se realizar uma aplicação única de trifuralina (0,25 mL/gotejador) no início do ciclo de desenvolvimento do tomateiro via água de irrigação durante 20 a 30 minutos. Existem também no mercado gotejadores impregnados com trifuralina, ou que apresentam projeto de construção que minimizam a entrada de raízes.

Espaçamento entre laterais e gotejadores

O espaçamento entre as linhas laterais de gotejadores depende do sistema de plantio a ser utilizado, o qual pode ser em fileiras simples (120 a 150 cm), com uma lateral de gotejadores por linha de plantio, ou em fileiras duplas (140 x 40 cm a 160 x 50 cm), com uma lateral por dupla de fileiras.

Para reduzir o investimento inicial, a maioria dos agricultores tem optado pelo plantio em fileiras duplas, com uma lateral por dupla de fileiras. Estudos realizados na Embrapa Hortaliças, no entanto, indicam que o sistema em fileiras simples possibilita, em termos gerais, um incremento de produtividade de cerca de 10%, quando comparado ao sistema de fileiras duplas, o que é suficiente para compensar o custo mais elevado desse sistema. A maior produtividade no sistema de fileiras simples, comparativamente ao sistema de fileiras duplas, deve-se ao melhor suprimento de água às plantas, especialmente no estádio inicial de estabelecimento de mudas, e à menor incidência de frutos podres.

Os gotejadores devem ser espaçados ao longo da lateral de maneira a formar uma faixa molhada contínua e uniforme ao longo da linha de plantio. Para solos de cerrado, o espaçamento varia entre 10 e 40 cm, sendo função da vazão do gotejador, freqüência de irrigação e, principalmente, do tipo de solo. Para solos argilosos, contendo argila

ativa, o espaçamento pode chegar a valores acima de 50 cm. Avaliações de campo devem ser realizadas visando estabelecer o espaçamento ideal. Como regra geral, o espaçamento entre gotejadores deve ser de 50% a 70% do diâmetro molhado na superfície do solo. Espaçamentos superiores podem reduzir significativamente a produtividade do tomateiro. Para evitar a formação de uma zona de saturação junto ao colo da planta, a linha de gotejadores deve ser posicionada entre 5 a 10 cm em relação à linha de plantio.

Qualidade e Tratamento da Água

O principal problema do gotejamento é o entupimento devido à qualidade da água utilizada para a irrigação e ao manejo inadequado da fertirrigação. Isso se deve à presença de impurezas em suspensão, formação de precipitados e atividade microbiológica. Um guia para avaliação do risco de obstrução de gotejadores, conforme as características físicas, químicas e biológicas da água, é apresentado na Tabela 1.

Aspectos Químicos

A presença de carbonatos, cálcio, magnésio, ferro, manganês e sulfetos pode favorecer a formação de precipitados que irão obstruir filtros e gotejadores. Na região do Cerrado, a presença de ferro em algumas fontes de água pode trazer problemas.

Água com pH acima de 7,5 e com alta concentração de bicarbonato de cálcio ou de magnésio pode provocar a obstrução gradativa dos gotejadores, devido a sua precipitação. O ferro e o manganês presentes na água podem também formar precipitados insolúveis na presença de sulfeto ou sob condições de pH e temperatura elevada.

Quando a qualidade química da água apresentar risco potencial de entupimento de gotejadores (Tabela 1) deve-se atuar de forma preventiva, pois tentar solucionar um problema já existente de entupimento é difícil. Em muitos casos será necessária a substituição de todos os gotejadores.

O procedimento mais utilizado para prevenir problemas de precipitação química nas tubulações é a redução do pH da água para níveis entre 5,5 e 7,0, por meio da injeção de ácidos, como o nítrico, o sulfúrico, o muriático e o cítrico. A quantidade de ácido (0,02% a 0,2% da capacidade do sistema), que depende da qualidade e temperatura da água e do tipo de ácido, pode ser calculada a partir de uma curva de titulação, determinada em laboratório, ou por tentativa e erro na própria propriedade (em ambos os casos deve-se dispor de um

Tabela 1. Risco potencial de entupimento de gotejadores conforme a qualidade da água de irrigação.

Qualidade	Risco de entupimento		
	Pequeno	Médio	Alto
Física			
Sólidos suspensos (mg/L)	< 50	50 - 100	> 100
Química			
pH	< 7,0	7,0 - 8,0	> 8,0
Sólidos dissolvidos (mg/L)	< 500	500 - 2.000	> 2.000
Bicarbonato (mg/L)	< 50	50 - 180	> 180
Cálcio (mg/L)	< 50	50 - 150	> 150
Manganês (mg/L)	< 0,1	0,1 - 1,5	> 1,5
Ferro total (mg/L)	< 0,2	0,2 - 1,5	> 1,5
Ácido sulfídrico (mg/L)	< 0,2	0,2 - 2,0	> 2,0
Biológica			
Bactérias (nº/ml)	< 10.000	10.000 - 50.000	> 50.000

Fonte: Adaptado de Gilbert & Ford (1986).

medidor de pH). O uso do ácido fosfórico deve ser evitado, pois possui baixo poder acidificante, pode formar precipitados na presença de cálcio e pode conter quantidades expressivas de ferro solúvel.

Outra medida preventiva que pode ser adotada quando as concentrações de ferro, manganês e sulfetos na água de irrigação estiverem acima dos limites mínimos aceitáveis (Tabela 1) é a cloração da água, mantendo-se cerca de 1 mg/L de cloro residual livre. Neste caso, os precipitados resultantes da oxidação devem ser filtrados antes de adentrarem o sistema de irrigação.

O processo mais eficiente para a remoção de ferro da água de irrigação é o da aeração seguido de filtragem ou decantação. Antes que adentre o tanque de decantação, a água é submetida a uma completa aeração para oxidar o ferro à forma insolúvel. A incorporação de oxigênio à água pode ser realizada aspergindo a água ou fazendo com que a água passe sobre uma série de defletores.

A obstrução parcial de gotejadores porprecipitados químicos pode ser muitas vezes revertida injetando-se ácido durante 30 a 60 min no sistema, numa concentração que reduza o pH da água para 4,0. Problemas mais sérios de entupimento podem, em alguns casos, ser minimizados reduzindo-se o pH da água para 2,0. Após a aplicação do ácido, deve-se irrigar em excesso e com a pressão mais elevada possível para a limpeza final das tubulações e gotejadores.

Aspectos Físicos

As partículas inorgânicas suspensas e os materiais orgânicos presentes na água podem causar a obstrução dos gotejadores. O problema pode ser eliminado filtrando-se a água e lavando-se a linha de gotejadores periodicamente. O uso de válvulas de final de linha, em cada lateral, possibilita que a lavagem seja automática. A maioria dos fabricantes de gotejadores recomendam filtros entre 75 e 150 μm (200 e 100 mesh, respectivamente). Alguns tipos de gotejadores toleram partículas de até 600 μm (20 mesh).

Partículas de silte (2 a 50 μm) e de argila « 2 μm) não provocam, via de regra, problemas de entupimento de gotejadores de fluxo turbulento, pois fluem facilmente pelas passagens de água. Todavia, águas barrentas podem provocar obstrução gradativa em alguns tipos de gotejadores, devendo ser evitadas. Neste caso, a água deve ser submetida a um processo de sedimentação ou de floculação antes de ser utilizada.

Os filtros de disco e de tela são indicados para eliminar praticamente quaisquer tipos de sólidos suspensos, mas são facilmente obstruídos por materiais orgânicos. Os filtros de areia retêm grandes quantidades de sólidos suspensos e de materiais orgânicos antes de serem obstruídos. Apesar de reterem partículas menores que 100 μm (depende do diâmetro do elemento filtrante), os filtros de areia devem ser seguidos por um filtro secundário de tela ou discos para evitar que partículas de areia do próprio filtro entrem no sistema (Fig. 2).

Fig. 2. Conjunto de filtros de areia e de disco, com sistema de retrolavagem automática.

Partículas de maior diâmetro e densidade, como areia grossa, são eliminadas por filtros do tipo ciclone, centrífugos ou tanques de sedimentação. Problemas com detritos vegetais (folhas, galhos etc.) podem ser reduzidos com o uso de telas na captação de água.

o uso de água com quantidade excessiva de materiais em suspensão requer a lavagem freqüente do elemento filtrante para não provocar perdas excessivas na pressão do sistema. Nesses casos, os filtros com retrolavagem automática são recomendados.

Aspectos Biológicos

O desenvolvimento de algas e bactérias, inclusive dentro da tubulação, pode causar problemas de obstrução de gotejadores. A proliferação de algas é estimulada pela presença de nutrientes aplicados pela fertirrigação. Vários gêneros de bactérias, por outro lado, quando na presença de substâncias como sulfetos, ferro, manganês e argila, produzem mucilagem (lodo) que podem obstruir os gotejadores. Ativo desenvolvimento de bactérias pode ocorrer mesmo quando a concentração de ferro, manganês ou sulfetos na água é baixa (0,2 mg/L).

A cloração é o tratamento mais indicado para o controle de algas e bactérias; todavia, é caro e requer manejo cuidadoso. O cloro residual livre no final da linha de gotejadores deve ser entre 0,5 e 2,0 mg/L, se injetado de forma contínua durante a irrigação, ou entre 10 e 20 mg/L, se injetado de uma a duas vezes por semana durante os últimos 30 minutos da irrigação. Problemas graves de obstrução podem ser minimizados realizandose uma supercloração (100 a 500 mg/L) e deixando-se a solução por 24 horas dentro da tubulação. Para maior eficiência, o cloro deve ser usado em água com pH entre 5,5 e 6,5. O hipoclorito de sódio ou de cálcio, o gás cloro e o ácido hipocloroso são as principais fontes.

Necessidade de Água das Plantas

A quantidade de água necessária para a irrigação do tomateiro varia de 350 a 500 mm, dependendo das condições climáticas, da cultivar e do sistema de irrigação. O uso diário de água, chamado de evapotranspiração da cultura e expresso em mm/dia, engloba a lâmina de água transpirada pelas plantas e a água evaporada do solo.

O tomateiro apresenta quatro estádios distintos de desenvolvimento com relação às necessidades hídricas: inicial, vegetativo, frutificação e maturação. A duração de cada estádio depende, principalmente, da cultivar e das condições edafoclimáticas predominantes. Informações sobre turno de rega, coeficiente de cultura, tensão crítica de água no solo e profundidade efetiva do sistema radicular das plantas nos diferentes estádios de desenvolvimento são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios de turno de rega (TR), tensão crítica de água no solo (Ts), coeficiente de cultivo (Kc) e profundidade efetiva do sistema radicular do tomateiro (Z), irrigado por gotejamento, nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura.

Estádio	Duração (dias)	TR[1] (dias)	Ts (kPa)	Kc[2] Normal	Kc[2] Direto	Z[1] (cm)
Inicial	6 - 8	1 - 2	---	0,45	0,35	10
Vegetativo	23 - 27	4 - 6	70	0,40	0,35	20 - 30[3]
Frutificação	50 - 60	1 - 2	15	0,95	0,85	30 - 40[3]
Maturação	26 - 30	2 - 4	40	0,70	0,65	40

1 Valores recomendados para a região do Cerrado.
2 Plantio convencional e direto de mudas em palhada, respectivamente. 3 O menor valor refere-se ao início do estádio.
Fonte: Adaptado de Marouelli & Silva (2001) e Marouelli *et al.* (2001).

Estádio Inicial

Atualmente, os plantios de tomate são realizados utilizando-se de mudas. Assim, o estádio inicial vai do transplante das mudas até o estabelecimento inicial das plantas. Irrigações em excesso podem favorecer a maior incidência de doenças e comprometer o estande. Por outro lado, a falta de água prejudica o pegamento das mudas.

o transplante deve ser realizado em solo previamente irrigado. A lâmina de água a ser aplicada antes do transplante deve ser suficiente para elevar a umidade da camada de solo entre O e 40 cm até a capacidade de campo. Dependendo do tipo e da umidade inicial do solo, deve-se aplicar uma lâmina líquida entre 1 O e 20 mm para solos de textura grossa e entre 20 e 50 mm para os de texturas média e fina. Para melhor formação do bulbo molhado, a lâmina total deve ser fracionada e aplicada durante 2 a 3 dias.

Após o transplante, as irrigações devem ser freqüentes (1 a 2 dias), procurando-se manter a umidade da camada superficial do solo (O a 20 cm) próxima à capacidade de campo.

Estádio Vegetativo

O estádio vegetativo compreende o período entre o estabelecimento inicial das plantas e o início da frutificação. É o estádio menos crítico do tomateiro quanto ao déficit hídrico. A deficiência moderada de água favorece o desenvolvimento do sistema radicular, permitindo maior eficiência na absorção de água e nutrientes pelas raízes.

Limitações no crescimento das plantas, resultantes da ocorrência de déficits hídricos moderados, têm pequeno efeito na produção, desde que o suprimento de água no estádio de frutificação seja adequado. Irrigações em excesso, tanto neste quanto nos estádios seguintes, podem favorecer maior incidência de doenças, além de favorecer a lixiviação de nutrientes, especialmente de nitrato.

Estádio de Frutificação

O estádio de frutificação, que se prolonga até o início da maturação, é o mais crítico quanto à deficiência de água no solo. A deficiência de água reduz a viabilidade de pólen e o tamanho de frutos, comprometendo ã produtividade; enquanto o excesso, especialmente em sistema por gotejamento superficial, favorece a ocorrência de doenças de solo e da parte aérea.

É o estádio em que o tomateiro atinge a máxima demanda de água, devendo a umidade do solo permanecer próxima à capacidade de campo. Períodos prolongados de deficiên cia hídrica, seguidos de irrigação em excesso, podem causar danos fisiológicos, como rachaduras de fruto. Apesar de ser um aspecto genético associado à variedade, a rachadura de fruto pode ser favoreci da pela alternância entre períodos prolongados de deficiência hídrica e irrigação em excesso. Do ponto de vista prático, o emprego de cultivares sabidamente resistentes às rachaduras e o manejo da irrigação de maneira a evitar o estabelecimento de déficits hídricos severos são as principais estratégias de controle.

Estádio de Maturação

É o período entre o início da maturação de frutos e a colheita. Neste estádio há uma sensível redução do uso de água pelas plantas (20% a 30%). Irrigações em excesso prejudicam a qualidade de fruto, aumentando a incidência de apodrecimento de frutos, prejudicando a coloração, reduzindo o teor de sólidos solúveis totais, a acidez e sua conservação na planta.

Já a ocorrência de déficit hídrico prolongado ou estresse salino, durante o início do estádio de maturação, pode afetar a consistência e a coloração dos frutos. Por outro lado, o tomateiro apresenta tolerância moderada à concentração de sais na solução do solo. Assim, a irrigação com água ligeiramente salina (até 2,0 dS/m), durante o estádio de frutificação e de maturação, desde que

manejada de forma adequada e em solo com boa drenagem, produz frutos com maior teor de sólidos solúveis e produtividade próxima da potencial.

Para uniformizar a maturação e aumentar o teor de sólidos solúveis dos frutos, as irrigações devem ser realizadas adotando-se um turno de rega maior que no estádio anterior e paralisadas vários dias antes da colheita. Para solos de cerrado, maior rendimento de polpa é obtido quando as irrigações são realizadas a cada 4 a 6 dias, a partir do início da maturação dos frutos, e paralisadas com 40% a 50% de frutos maduros (cerca de 2 semanas antes da colheita). Por outro lado, máxima produção de frutos pode ser atingida irrigando-se a cada 1 a 3 dias até 80% a 90% de frutos maduros (cerca de 1 semana antes da colheita) .

A suspensão brusca das irrigações em períodos de alta radiação solar pode provocar, em algumas cultivares, problemas de escaldadura de frutos, especialmente se as irrigações nas duas semanas anteriores à suspensão forem realizadas em regime de alta freqüência e em quantidades excessivas.

Manejo da Água de Irrigação

o manejo da água de irrigação engloba uma série de procedimentos para responder quando e quanto irrigar. Vários são os métodos para o manejo da irrigação. Os métodos do balanço hídrico e o da tensão da água do solo baseiam-se na avaliação, em tempo real, de parâmetros relacionados à planta, ao solo e ao clima, e permitem um controle preciso da irrigação. Requerem, todavia, equipamentos para medição da umidade do solo (tensiômetros, sensores capacitivos, blocos de resistência elétrica etc.) e/ou da evapotranspiração (tanque Classe A, termômetros, higrômetros, radiômetros etc.). Métodos baseados em dados históricos de evapotranspiração são fáceis de serem utilizados e não requerem o uso de equipamentos; porém, apresentam menor precisão que os métodos do balanço hídrico e o da tensão.

A seguir são apresentados dois métodos, com diferentes graus de precisão, para o manejo da irrigação por gotejamento na cultura do tomateiro. Do ponto de vista do produtor, é altamente desejável a possibilidade de antever as datas das irrigações, visto ser possível programar as práticas culturais e as necessidades de trabalho. Assim, os dois métodos apresentados utilizam turnos de rega fixo em cada estádio de desenvolvimento da cultura.

Método do Turno de Rega Simplificado

O cultivo do tomateiro na região do Cerrado é realizado principalmente na época em que a ocorrência de chuvas é pouco significativa. Sob tais condições, a variabilidade da evapotranspiração de ano para ano é menor que na estação chuvosa, o que torna viável manejar a irrigação a partir de dados climáticos históricos.

O método, que não requer a utilização de equipamentQs para o manejo da água, permite estimar o turno de rega e o tempo de irrigação, para cada estádio de desenvolvimento do tomateiro, conforme as condições climáticas médias da região (temperatura e umidade relativa do ar), o tipo de solo a ser cultivado, a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura e as características do sistema de irrigação.
O procedimento para a utilização do método é apresentado passo a passo a seguir:

Passo 1: Determinar, pela Tabela 3, a evapotranspiração de referência (ETo) conforme os dados históricos médios de temperatura e umidade relativa do ar disponíveis na região. Estes dados podem, muitas vezes, ser obtidos nos escritórios locais de extensão rural ou prefeituras.

Tabela 3. Evapotranspiração de referência (ETo), em mm/dia, conforme a temperatura e umidade relativa média do ar.

Temp	Umidade relativa (%)									
(°C)	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
18	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2	1,7
20	7,3	6,7	6,1	5,5	4,9	4,3	3,6	3,0	2,4	1,8
22	8,0	7,3	6,6	6,0	5,3	4,6	4,0	3,3	2,7	2,0
24	8,6	7,9	7,2	6,5	5,8	5,0	4,3	3,6	2,9	2,2
26	9,4	8,6	7,8	7,0	6,2	5,5	4,7	3,9	3,1	2,3
28	10,1	9,3	8,4	7,6	6,7	5,9	5,1	4,2	3,4	2,5
30	10,9	10,0	9,1	8,2	7,3	6,4	5,4	4,5	3,6	2,7
32	11,7	10,7	9,7	8,8	7,8	6,8	5,8	4,9	3,9	2,9

Obs: Valores de Eto nos intervalos de umidade relativa e temperatura apresentados podem ser obtidos por interpolação linear.
Fonte: Valores obtidos a partir da equação de Ivanov (Maroulli et al., 2001)

Passo 2: Determinar, pela Tabela 2, o coeficiente de cultura (Kc) para cada estádio de desenvolvimento das plantas.

Passo 3: Determinar a evapotranspiração da cultura (ETc) para cada estádio de desenvolvimento:

ET c = Kc x ET o *(equação* 1)

em que:
ETc = evapotranspiração da cultura *(mm/dia);*
Kc = coeficiente de cultura (adimensional);
ET o = evapotranspiração de referência *(mm/dia).*

Passo 4: Determinar a profundidade efetiva do sistema radicular (Z) para cada estádio da cultura

Para esta determinação, não se deve considerar todo o perfil do solo explorado pelas raízes, mas apenas a profundidade efetiva, que corresponde à camada onde se encontram cerca de 80% das raízes. Na Tabela 2 são apresentadas sugestões de profundidades médias nos diferentes estádios do tomateiro.

Entretanto, diversos fatores, tais como textura de solo, fertilidade, práticas culturais, solos rasos, irrigações muito freqüentes e horizontes de solo fortemente diferenciados, podem afetar o desenvolvimento das raízes. Para uma melhor estimativa da profundidade efetiva, é aconselhável avaliar o sistema radicular no próprio local de cultivo. A abertura de uma trincheira per - pendicularmente à linha de plantio permite uma avaliação visual da profundidade.

Passo 5: Determinar o tipo de solo.

Para fins de manejo é necessário conhecer a capacidade de armazenamento de água do solo para, em função da evapotranspiração da cultura, determinar o intervalo entre irrigações em cada estádio de desenvolvimento das plantas.

Para o uso do presente método, a caracterização do solo é feita com base na textura e estrutura. Muitas vezes o produtor já dispõe da análise da textura do solo a ser irrigado, sendo uma informação freqüentemente requerida por bancos para a liberação de financiamentos agrícolas. A partir da classe textural, fornecida pela análise, deve-se utilizar o seguinte critério:

- Solo tipo I: solos de textura grossa (areia, areia franca, franco arenoso).
- ·Solo tipo II: solos de textura média (franco, franco siltoso, franco argiloarenoso, silte) e os de cerrado (exceto os de textura grossa).
- Solo tipo III: solos de textura fina (franco argilo-siltoso, franco argiloso, argila arenosa, argila siltosa, argila, muito argiloso), exceto os de cerrado.

Há casos em que a estrutura do solo é tão ou mais importante que a textura. Por exemplo, os solos de cerrado, com altos teores de argila

apresentam, em geral, baixa capacidade de armazenamento de água (média de 1,2 mm/cm) devido ao elevado grau de agregação das partículas. Assim, os solos de cerrado de textura fina devem ser considerados, para efeito de cálculos da irrigação no método de manejo ora apresentado, como do tipo II.

Passo 6: Determinar, pela Tabela 4, o turno de rega conforme a ETc, profundidade efetiva do sistema radicular e textura do solo, para cada estádio da cultura. Os valores médios de turno de rega, para a região do Cerrado, são também apresentados na Tabela 2.

Passo 7: Determinar a eficiência de irrigação do sistema.

A eficiência de irrigação é dependente da uniformidade de emissão dos gotejadores, das perdas devido à percolação profunda não controlável e das perdas menores, controláveis, como escoamento superficial, vazamentos e perdas resultantes de irrigações inadequadas. Por serem previsíveis e controláveis, as perdas menores devem ser evitadas, realizando-se a manutenção preventiva do sistema e manejando-se a irrigação de forma adequada.

Em sistemas de irrigação bem dimensionados é comum obter-se uniformidade de emissão entre 0,85 e 0,90. Todavia, em vez de se utilizar o valor da uniformidade definida na elaboração do projeto e fornecido pela empresa revendedora, recomenda-se sua determinação diretamente no campo, pelo menos no início da safra. Isto pode ser realizado medindo-se a vazão dos gotejadores em condições normais de operação do sistema.

A uniformidade de emissão em nível de campo é calculada pela equação 2, medindo-se, por exemplo, a vazão de 10 gotejadores ao longo de 6 linhas laterais dentro de um setor de irrigação. Os gotejadores, incluindo-se o primeiro e o último de cada lateral, devem estar igualmente espaçados ao longo das laterais. Devem-se avaliar os gotejadores da primeira e ultima lateral , estando as quatro outras igualmente espa - çadas.

$$Ue = \frac{\bar{q}_{25\%}}{\bar{q}_{100\%}} \qquad \textit{(equação 2)}$$

em que:
Ue = uniformidade de emissão (decimal);
q25% = média das 25% menores vazões medidas;
C1,oo% = média das vazões de todos os gotejadores.

A uniformidade de emissão, determinada pela equação 2, expressa a variabilidade de vazão dos gotejadores devido à qualidade do processo de fabricação do gotejador (coeficiente de variação), a variações de pressão (coeficiente de descarga do emissor) e a problemas de entupimentos.

Adicionalmente, a vazão média dos gotejadores, medida a cada safra, deve ser comparada com a vazão média determinada imediatamente após a instalação do sistema de irrigação. Vazões significativamente inferiores podem ser um indicativo de problemas de pressão ou de entupimento de gotejadores.

Perdas por percolação profunda não controlável, para irrigação de alta freqüência, podem ocorrer mesmo em sistemas adequadamente manejados. A eficiência associada a estas perdas (Es) é função principal do tipo de solo. Para solos do tipo I, recomenda-se Es = 0,90; para solos do tipo II, Es = 0,95; e para solos do tipo III, Es = 1,00.

Sistemas devidamente dimensionados e com manutenção adequada apresentam eficiência (Ue x Es) entre 80% e 90%. Todavia, é comum se observar no campo sistemas operando com eficiência entre 50% e 75%, seja em razão do dimensionamento inadequado, do uso de equipamentos de baixa qualidade ou da manutenção inadequada (principalmente entupimento).

Tabela 4. Sugestão de turno de rega (dias) para a cultura do tomateiro irrigada por gotejamento conforme a evapotranspiração da cultura (ETc), profundidade de raízes, tipo de solo e estádio de desenvolvimento.

ETc (mm/dia)	Profundidade efetiva de raízes											
	10 cm			*20 cm*			*30 cm*			*40 cm*		
	Solo tipo			Solo tipo			Solo tipo			Solo tipo		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Estádio inicial e de frutificação												
2	1/2	1	2	1	2	3	2	3	5	---	---	---
3	1/3	1	1	1	1	2	1	2	4	1	3	5
4	1/4	1/2	1	1/2	1	2	1	2	3	1	2	4
5	1/4	1/2	1	1/2	1	1	1/2	1	2	1	2	3
6	1/5	1/3	1/2	1/3	1	1	1/2	1	2	1	1	2
7	1/6	1/3	1/2	1/3	1/2	1	1/2	1	1	1/2	1	2
8	1/7	1/3	1/2	1/4	1/2	1	1/2	1	1	1/2	1	2
9	1/8	1/4	1/2	1/4	1/2	1	1/3	1	1	1/2	1	1
10	---	---	---	1/5	1/2	1	1/3	1/2	1	1/2	1	1
11	---	---	---	1/5	1/2	1/2	1/3	1/2	1	1/3	1	1
12	---	---	---	1/5	1/3	1/2	1/4	1/2	1	1/3	1	1
Estádio vegetativo												
2	---	---	---	2	5	8	3	7	12	---	---	---
3	---	---	---	1	3	5	2	5	8	---	---	---
4	---	---	---	1	2	4	1	4	6	---	---	---
5	---	---	---	1	2	3	1	3	5	---	---	---
6	---	---	---	1/2	2	3	1	2	4	---	---	---
7	---	---	---	1/2	1	2	1	2	3	---	---	---
8	---	---	---	1/2	1	2	1	2	3	---	---	---
9	---	---	---	1/2	1	2	1/2	2	3	---	---	---
10	---	---	---	1/2	1	1	1/2	1	2	---	---	---
11	---	---	---	1/3	1	1	1/2	1	2	---	---	---
12	---	---	---	1/3	1	1	1/2	1	2	---	---	---
Estádio de maturação												
3	---	---	---	---	---	---	1	3	6	2	4	8
4	---	---	---	---	---	---	1	2	4	1	3	6
5	---	---	---	---	---	---	1	2	3	1	3	5
6	---	---	---	---	---	---	1	2	3	1	2	4
7	---	---	---	---	---	---	1/2	1	2	1	2	3
8	---	---	---	---	---	---	1/2	1	2	1	2	3
9	---	---	---	---	---	---	1/2	1	2	1/2	1	2
10	---	---	---	---	---	---	1/2	1	2	1/2	1	2
11	---	---	---	---	---	---	1/2	1	1	1/2	1	2
12	---	---	---	---	---	---	1/3	1	1	1/2	1	2

Solo tipo I: solos de textura grossa (areia, areia franca, franco arenoso).
Solo tipo II: solos de textura média (franco, franco siltoso, franco argilo-arenoso, silte) e de cerrado (exceto os de textura grossa).
Solo tipo III: solos de textura fina (franco argilo-siltoso, franco argiloso, argila arenosa, argila siltosa, argila, muito argiloso), exceto os de cerrado.
Obs.: 1/2 representa duas irrigações por dia; 1/3, três irrigações por dia e assim por diante.
Fonte: Valores computados segundo Keller & Bliesner (1990), Marouelli *et al.* (1996) e Marouelli *et al.* (2001).

Passo 8: Determinar a lâmina total de água a ser aplicada por irrigação em cada estádio de desenvolvimento das plantas.

$$LTN = \frac{Etc \times TR}{Ue \times Es} \quad (equação\ 3)$$

em que:
L TN = lâmina de água total necessária por irrigação (mm);
TR = turno de rega (dia).

Passo 9: Calcular o volume total de água a ser aplicado por irrigação:

$$Vt = 10 \times L\ TN \times Ai \quad (equação\ 4)$$

Exemplo 1: Determinar a freqüência e o tempo de irrigação para a seguinte condição.

- Local: Brasília/DF;
- Classe textura I do solo: argila (cerrado) ;
- Mês: julho;
- Temperatura média do ar: 20°C;
- Umidade relativa média do ar: 55%;
- Estádio: frutificação (início);
- Área irrigada por vez: 2 ha;
- Espaçamento entre linhas de gotejado res: 1,2 m;
- Espaçamento entre gotejadores: 0,20 m; .
- Vazão do gotejador: 1,1 L/h.

Passo 1: Pela Tabela 3, para a temperatura de 20°C e umidade relativa de 55%, obtém-se ETo = 5,5 mm/dia.

Passo 2: Pela Tabela 2, para o estádio de frutificação, tem-se Kc = 0,95.

Passo 3: Pela equação 1, para Kc = 0,95 e ETo = 5,5 mm/dia obtém-se:
ETc = 0,95 x 5,5 mm/dia = 5,2 mm/dia

Passo 4: Pela Tabela 2, a profundidade efetiva no início do estádio de frutificação é de Z = 30 cm.

Passo 5: O solo, de cerrado com classe textural argila, deve ser enquadrado como do tipo II.

em que:
Vt = volume total de água a ser aplicado por irrigação (m^3);
Ai = área irrigada por vez (ha).

Passo 10: Calcular o tempo de irrigação para aplicação da lâmina de água total necessária:

$$Ti = 60 \times \frac{L\ TN \times SI \times Sg}{Vg} \quad (equação\ 5)$$

em que:
Ti = tempo de irrigação (min);
SI = espaçamento entre laterais (m);
Sg = espaçamento entre emissores (m);
Vg = vazão do gotejador (Llh).

Passo 6: Pela Tabela 4, para ETc = 5,2 mm/dia, Z = 30 cm, solo tipo II e estádio de frutifica - ção, o turno de rega recomendado no mês de julho é de TR = 1 dia.

Passo 7: Para o presente exemplo, considerar uma uniformidade de emissão de Ue = 0,85 (fita gotejadora). Para solo do tipo II , a eficiência associada as perdas por percolação profunda não controlável é de Es = 0,95.

Passo 8: Para ETc = 5,2 mm/dia, TR = 1 dia, Ue = 0,85 e Es = 0,95, tem-se que a lâmina total necessária é de:

$$L\ TN = \frac{5,2\ mm / dia \times 1\ dia}{0,85 \times 0,95} = 6,4mm$$

Passo 9: O volume total de água necessário por irrigação para aplicar uma lâmina de L TN = 6,4 mm em uma área de Ai = 2 ha é de:

Vt = 10 x 6,4 mm x 2ha = 128 m3

Passo 1 0: Para espaçamento entre as linhas laterais de 1,2 m, espaçamento entre gotejado- res de 0,20 m e vazão de gotejador de 1,1 L/h, tem-se que o tempo de cada irrigação, após a completa pressurização do sistema, é de:

$$Ti = 60x \frac{6,4mm \times 1,2m \times 0,2m}{1,1\ L/h} = 84min$$

Método do Tanque Classe A com Turno de Rega Fixo

A precisão do método do "Turno de rega simplificado" pode ser melhorada calculando-se a ETo em tempo real, e não com base em dados climáticos históricos. Neste método, o turno de rega é computado utilizando-se a Tabela 4, de maneira semelhante ao método anterior.

o método do tanque Classe A (Fig. 3) é um dos mais práticos e utilizados para se determinar a ET o em tempo real. Utilizando-se coeficientes empíricos, a ETo é estimada a partir da evaporação do tanque por meio da seguinte relação:

ETo = Kp x Eca *(equação 6)*

em que:
Kp = coeficiente de tanque (adimensional);
Eca = evaporação do tanque Classe A (mm/dia).

Os valores de Kp podem ser determinados a partir da Tabela 5, conforme a velocidade do vento, umidade" relativa do ar e tamanho da bordadura ao redor do tanque. Os passos necessários para o manejo da irrigação são sintetizados a seguir:

Fig. 3. Tanque de evaporação Classe A para estimativa da evapotranspiração do tomateiro (solo nu).

Passo 1: Determinar, diariamente, a evapotranspiração de referência (ETo) pelo método do tanque Classe A * .

Passos 2 a 7: Seguir os mesmos passos do método do "Turno de rega simplificado". Caso o manejo da irrigação seja realizado

** Podem-se utilizar outros métodos para estimar a ETo em tempo real. No mercado existem estações agro-meteorológicas automáticas de ETo.*

Tabela 5. Coeficiente Kp para o tanque Classe A conforme a bordadura, umidade relativa do ar e velocidade do vento.

Vento (m/s)	Tanque circundado por grama ou tomateiro — Umidade relativa (%)					
	Baixa (<40%)		Média (40% - 70%)		Alta (>70%)	
	R (m)*		R (m)*		R (m)*	
	10	100	10	100	10	100
Leve (<2)	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,85
Moderado (2 - 5)	0,60	0,65	0,70	0,75	0,75	0,80
Forte (5 - 8)	0,55	0,60	0,60	0,65	0,65	0,75
Vento (m/s)	**Tanque circundado por solo nu — Umidade relativa (%)**					
	Baixa (<40%)		Média (40% - 70%)		Alta (>70%)	
	R (m)*		R (m)*		R (m)*	
	10	100	10	100	10	100
Leve (<2)	0,60	0,55	0,70	0,65	0,80	0,75
Moderado (2 - 5)	0,55	0,50	0,65	0,60	0,70	0,65
Forte (5 - 8)	0,50	0,45	0,55	0,50	0,65	0,60

*R: posição do tanque - menor distância do tanque ao limite da bordadura (grama ou solo nu).

utilizando-se uma planilha eletrônica ou programa de computador disponível no mercado, usar valores variáveis de Kc dentro de cada estádio da cultura (Fig. 4).

Passo 8: Determinar a lâmina total de água a ser aplicada por irrigação em cada estádio de desenvolvimento das plantas.

$$LTN = \frac{\sum_{i=1}^{n} Etc\ i}{Eu \times Es} \qquad (equação\ 7)$$

em que:
L TN = lâmina de água total necessária por irrigação (mm);
n = número de dias entre irrigações consecutivas (i ≥ 1 dia).

Passos 9 e 10: Seguir os mesmos passos do método do "Turno de rega simplificado".

Adequação de TR e Kc

Os valores de Kc e TR fornecidos nas Tabelas 2 e 4, respectivamente, podem não ser totalmente adequados para condições específicas de cultivo. Por exemplo, valores de Kc podem variar ligeiramente dependendo das condições climáticas, condições de cultivo, freqüência de irrigação e variedade cultivada. Já os valores de TR apresentados na Tabela 2 podem requerer ajustes em razão de variações na capacidade de retenção de água entre solos apresentando a mesma textura.

Ajustes nos valores de TR e Kc podem ser feitos monitorando-se a tensão ou teor de água no solo com o auxilio de tensiômetros (Fig. 5) ou outro tipo de sensor. Devem-se instalar duas estações de monitoramento em pontos representativos da área. Em cada estação, instalar um sensor a 50% da profundidade efetiva do sistema radicular e outro ligeiramente abaixo das raízes. Para solos de cerrado, sugerem-se as profundidades de instalação de 10 e 30 cm até a início da floração e a 20 e 50 cm após este estádio. Os sensores devem ser posicionados a uma distância entre 7 e 1 5 cm do colo da planta e do gotejador, sendo a maior distância para solos de textura fina.

A quantidade de água aplicada é considerada insuficiente quando a tensão antes da irrigação, indicada pelos tensiômetros mais superficiais, for sistematicamente maior que a tensão crítica de água no solo recomendada para o tomateiro na Tabela 2. Neste caso,' deve-se fazer um ligeiro aumen

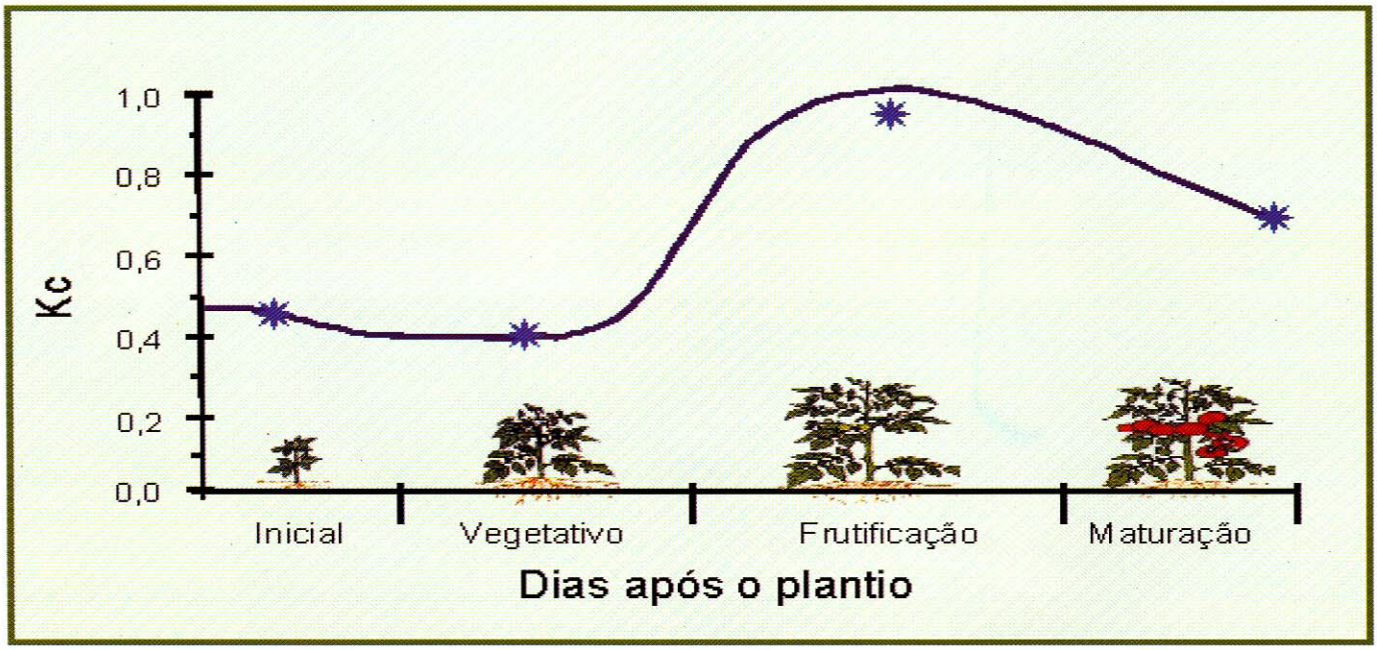


Fig. 4. Curva de coeficiente de cultura (Kc) para tomateiro para processamento irrigado por gotejamento superficial.

Fig. 5. Bateria de tensiômetros para avaliação da tensão de água no perfil do solo explorado pelas raízes do tomateiro.

to (entre 5% e 10%) no valor de Kc e, assim, aumentar a quantidade de água aplicada nas irrigações subseqüentes. Por outro lado, se a tensão, indicada pelos tensiômetros mais profundos, atingir valores inferiores a 20 kPa, deve-se reduzir o valor de Kc e, assim, diminuir a irrigação. Tal procedimento permitirá que os valores de Kc sejam ajustados para as condições específicas de cultivo, as quais podem variar com a cultivar, as práticas de cultivo e o sistema de plantio.

No caso de a tensão indicada pelos tensiômetros superficiais ser muito maior que a tensão recomendada (> 50%) e a tensão dos tensiômetros profundos muito baixa (≤ 10 kPa), deve-se reduzir o intervalo entre irrigações. Tal constatação é um indicativo de que o solo não tem capacidade de reter toda a água aplicada e que está ocorrendo perda de água (e de nutrientes) por drenagem profunda.

Fertilizantes para Fertirrigação

Os nutrientes mais utilizados via fertirrigação são aqueles com maior mobilidade no solo como o potássio e, principalmente, o nitrogênio. Para o tomateiro, a aplicação de fósforo e cálcio via irrigação, ainda que apresente risco potencial de entupimento de gotejadores, pode ser vantajosa.

Várias fontes de nutrientes podem ser utilizadas para a fertirrigação (Tabela 6), considerando-se que a solubilidade, a conveniência de uso, a concentração de nutrientes, a disponibilidade no mercado e o custo são os principais fatores a serem considerados na escolha. Dentre os fertilizantes sólidos, existem aqueles usados na

Tabela 6. Teores médios de nutrientes e solubilidade em água a 20°C dos principais fertilizantes utilizados para fertirrigação.

Fertilizante	Concentração (%)*	Solubilidade (kg/L)*
Ácido fosfórico	46 a 76 P_2O_5	líquido
Cloreto de cálcio	22 Ca, 38 Cl	1,00
Cloreto de potássio	60 K_2O, 47 Cl	0,35
Fosfato diamônico (DAP)	45 P_2O_5; 16 N	0,57 (10 °C)
Fosfato monoamônico (MAP)	48 P_2O_5; 10 N	0,37
Fosfato monopotássio (MKP)	34 K_2O; 52 P_2O_5	0,23
Nitrato de amônio	34 N	1,95
Nitrato de cálcio	15 N; 34 Ca	2,20
Nitrato de potássio	14 N; 44 K_2O	0,31
Nitrato de sódio (Salitre do Chile)	15 N	0,88
Nitrato duplo potássio	15 N; 14 K_2O	1,10
Sulfato de amônio	21 N; 24 S	0,76
Sulfato de magnésio	13 Mg; 13 S	0,71
Sulfato de potássio	50 K_2O; 17 S	0,11
Uréia	46 N	0,85

A concentração de nutrientes e a solubilidade dos fertilizantes podem variar dependendo do fabricante.

Fonte: Adaptado de Burt *et al.* (1995) e Montag (2001).

fertilização convencional e os específicos para fertirrigação, com maiores níveis de pureza e solubilidade.

Muitos dos fertilizantes sólidos para adubação convencional, especialmente os granulados, são manufaturados utilizando-se substâncias para evitar que absorvam umidade com facilidade, não devendo ser utilizados para fertirrigação. Além disso, o uso de fertilizantes não totalmente solúveis não garante que a quantidade final de nutriente aplicado seja igual à quantidade de nutriente indicada no rótulo do fertilizante.

Existem no mercado formulações sólidas NPK + micras próprias para fertirrigação. A desvantagem é que, além de apresentarem custo mais elevado que dos fertilizantes individuais, não satisfazem, muitas vezes, as necessidades nutricionais da cultura. O recomendado é que o produtor, com o devido conhecimento e/ou assistência, possa preparar as soluções com base nas reais necessidades da cultura.

Outra opção são os fertilizantes líquidos, que podem conter somente um nutriente ou diferentes concentrações de NPK + micros. Embora práticos, devido à conveniência de manuseio, apresentam custo muito mais elevado que o dos fertilizantes sólidos.

Fertilizantes Nitrogenados

Os fertilizantes nitrogenados apresentam, via de regra, alta solubilidade em água (Tabela 6). Os mais utilizados para fertirrigação são o nitrato de potássio, de cálcio e de amônio, o sulfato de amônio e a uréia. O nitrogênio, presente nessas fontes, pode estar disponível nas formas nítrica, amoniacalou amídica.

O nitrato de potássio é um excelente produto para a fertirrigação, pois contém nitrogênio, na forma nítrica, e potássio. O nitrato de cálcio contém cálcio e nitrogênio, na forma nítrica, sendo útil para a fertirrigação durante o estádio de frutificação, quando a demanda por cálcio é expressiva. O problema do nitrato de cálcio e, principalmente, do nitrato de potássio é o alto custo.

O sulfato de amônio, que contém nitrogênio amoniacal, pode ser utilizado como fonte de enxofre na fertirrigação. Já a uréia, que contém nitrogênio na forma amídica, é o fertilizante com menor custo por unidade de nitrogênio, sendo por isso um dos mais utilizados.

Dentre as formas de nitrogênio, a nítrica é a preferencialmente utilizada pelas plantas, sendo absorvida pelas raízes e translocada de imediato para a parte aérea da planta. A amoniacal, preferida pelas plantas mais jovens, é translocada após supridas as exigências das raízes ou transformada para a forma nítrica. A forma amídica não é utilizada diretamente pelas plantas, mas somente após ser transformada em amônio e posteriormente em nitrato. Assim, um balanço entre as formas nítrica e amoniacal (ou amídica) é recomendado para maximizar o desenvolvimento da cultura, especialmente sob temperaturas abaixo de 15 *De,* em que a taxa de nitrificação é reduzida. Em termos gerais, a quantidade de nitrogênio na forma amoniacal (ou amídica) deve ser semelhante à da forma nítrica, ou seja, 50% para cada.

A uréia e, principalmente, o amônio apresentam alta capacidade de acidificação do solo, não devendo ser utilizados como fontes isoladas de nitrogênio em solos com pH abaixo de 5,5. Para esses solos, a fração de nitrogênio na forma nítrica deve representar pelo menos 2/3 do total aplicado. No caso do tomateiro cultivado em solos de cerrado com pH devidamente corrigido (5,5 a 6,5) cujo cultivo não seja realizado por mais de dois a. três anos seguidos na mesma área, a fração de nitrogênio na forma nítrica pode ser reduzida a 1/3 sem que a produtividade seja afetada.

A forma nítrica é a que apresenta maior susceptibilidade à lixiviação, por permanecer totalmente livre na solução do solo. Já o nitrogênio amoniacal é retido pelas cargas negativas das partículas de argila e matéria orgânica, estando pouco sujeito à lixiviação. A uréia apresenta alta mobilidade no solo; todavia, é transformada rapidamente nos primeiros 5 a 10 cm do solo para a forma amoniacal. A lixiviação poderá ser significativa após a nitrificação do amônio.

A vantagem da uréia em relação ao sulfato de amônio na fertirrigação por gotejamento é sua maior penetração no perfil do solo, o que minimiza a volatilização de nitrogênio (< 5%). Perdas significativas de nitrogênio (>40%) podem ocorrer, especialmente em solo e água com pH acima de 7, devido à transformação do amônio em amônia gasosa. Além de menos sujeita à volatilização (< 5%), a forma nítrica pode reduzir substancialmente a volatilização se aplicada juntamente com nitrogênio na forma amoniacal.

Fertilizantes Potássicos

As principais fontes de potássio para fertirrigação são o cloreto e o nitrato de potássio (Tabela 6). O nitrato de potássio é um produto excelente para fertirrigação, porém apresenta custo muito mais elevado que o cloreto de potássio. A potencial desvantagem do cloreto de potássio é a presença do íon cloreto, que pode causar problemas de toxicidade às plantas de tomate quando aplicado em excesso ano após ano (acima de 2,0 meq/L). Este limite, devido à fácil lixiviação do cloreto, é improvável de ser atingido em regiões com precipitação acima de 1.000 mm por ano.

Deve-se evitar, todavia, utilizar o cio reto de potássio de coloração rosa, normalmente usado em adubação convencional. Este fertilizante, embora apresente boa solubilidade, fornece uma solução com certo grau de oleosidade e de resíduos que pode levar à obstrução de filtros e gotejadores. O cloreto indicado para fertirrigação apresenta coloração branca.

O sulfato de potássio é uma fonte de custo ligeiramente menor que o nitrato de potássio. Apresenta, porém, menor solubilidade que o nitrato e o cloreto de potássio. Não deve ser aplicado em água rica em cálcio nem misturado com fertilizantes contendo este elemento, pois pode provocar precipitação e entupir os gotejadores.

O potássio, elemento menos móvel que o nitrogênio, é adsorvido pelas cargas negativas das partículas de argila e matéria orgânica. Pode, no entanto, ser parcialmente lixiviado quando aplicado em excesso, especialmente em solos arenosos com baixo teor de matéria orgânica.

Fertilizantes Fosfatados

As fontes solúveis de fósforo para fertirrigação são o fosfato monoamônico (MAP), o fosfato di - amônico (DAP), o fosfato monopotássio (MKP) e o ácido fosfórico. Esses fertilizantes são mais caros que os utilizados para aplicação convencional, como os fosfatos naturais, superfosfato simples e triplo.

O fósforo é um elemento pouco móvel no solo, com baixo potencial de lixiviação, especialmente em solos de textura média e fina. Fertilizantes fosfatados, mesmos aqueles altamente solúveis, são rapidamente transformados em formas menos solúveis de fósforo, tendendo a acumular na camada superficial do solo (5 a 15 cm), principalmente quando o pH do solo se situa fora da faixa entre 6,0 e 6,5.

A fertirrigação com fósforo pode causar problemas de entupimento de gotejadores decorrente da precipitação de sais insolúveis, principalmente quando injetado em água com pH acima de 7,5 e concentração de cálcio acima de 60 mg/L. O risco pode ser minimizado reduzindo-se o pH da água durante a

aplicação de fósforo para valores entre 5,0 e 6,0, por meio da injeção de ácidos.

Apesar do risco potencial de entupimento de gotejadores, da reduzida mobilidade do fósforo no solo e do maior custo das fontes de fósforo solúveis, a aplicação de fósforo via água de irrigação pode ser viável e proporcionar incrementos significativos de produtividade, principalmente em solos com teor de fósforo abaixo de 20 mg/L.

Fertilizantes com Cálcio, Magnésio e Enxofre

O suprimento de cálcio e magnésio às plantas é, normalmente, realizado por meio da calagem, com a aplicação de calcário dolomítico ou calcítico, ou por ocasião do plantio, usando fertilizantes contendo tais elementos.

O cálcio é absorvido em grandes quantidades pelo tomateiro (70 a 140 kg/ha), sendo responsável pelo bom desenvolvimento radicular e fortalecimento da parede celular. A fertirrigação com cálcio a partir do florescimento elimina a ocorrência de podridão apical e a necessidade de pulverizações foliares de cálcio. As fontes mais comuns são o nitrato e o cloreto de cálcio, sendo o cio reto a fonte de mais baixo custo. A aplicação de cálcio, no entanto, pode acarretar problemas de entupimento de gotejadores, não devendo ser realizada no mesmo dia da aplicação de qualquer fonte de sulfato, nitrato ou fósforo.

Aplicações de magnésio via irrigação não implicam, em geral, ganhos de produtividade, além do risco potencial de formar compostos insolúveis e causar a obstrução de filtros e gotejadores. Caso necessário, pode ser utilizado o sulfato ou o nitrato de magnésio.

O enxofre apresenta alta mobilidade no solo, existindo várias fontes solúveis para fertirrigação, como o sulfato de amônio e o de potássio. Todavia, o fornecimento de enxofre às plantas é realizado usualmente por meio dos fertilizantes carreadores dos macronutrientes primários, não sendo, via de regra, considerado no programa de fertirrigação ou adubação convencional.

Fertilizantes com Micronutrientes

Os sulfatos são as fontes solúveis de zinco, manganês, cobre e ferro de custos mais reduzidos para fertirrigação. Todavia, são pouco eficientes quando aplicados via irrigação, por serem retidos na camada superficial do solo.

As fontes mais eficientes de cobre, ferro e zinco via irrigação são as formas quelatizadas. Os quelatos movem-se no perfil do solo, juntamente com a água, disponibilizando os micronutrientes às raízes. O alto custo é a principal desvantagem para o uso das formas quelatizadas para fertirrigação.

O bórax e o ácido bórico são as fontes de boro mais comuns. O bórax apresenta baixa solubilidade a frio, o que Limita a utilização. De um modo geral, a maneira mais prática e econômica de fornecer micronutrientes às plantas é via adubação de plantio ou foliar.

Compatibilidade de Fertilizantes

Para evitar problemas de precipitação e de entupimento de gotejadores, recomenda-se avaliar a compatibilidade dos fertilizantes entre si e com a água a ser utilizada. Um teste simples pode ser feito misturando o(s) fertilizante(s) a ser(em) injetado(s) com a água de irrigação em um recipiente, na mesma taxa de diluição a ser utilizada. Deve-se agitar a solução por alguns minutos e observar, por cerca de uma hora, a ocorrência de precipitados e a turbidez da solução. Se a solução permanecer clara e transparente, será provavelmente seguro injetar os fertilizantes testados no sistema de irrigação.

Algumas regras básicas de compatibilidade a serem observadas durante a mistura e a

injeção de fertilizantes incluem:

- Colocar inicialmente no tanque de mistura entre 50% a 70% da água requerida para a mistura.
- Misturar os fertilizantes líquidos à água antes de adicionar os fertilizantes sólidos solúveis.
- Adicionar fertilizantes sólidos lentamente na água mantendo a solução agitada para evitar formação de aglomerados que dificultem a solubilização.
- Adicionar os ácidos lentamente na água e nunca água ao ácido.
- Não misturar fertilizantes contendo sulfato com fertilizantes nem água contendo concentrações de cálcio acima de 400 mg/L ou de magnésio acima de 240 mg/L. O resultado será a formação de gesso insolúvel que irá entupir filtros e gotejadores.
- Não injetar fertilizantes fosfatados em água com concentração de cálcio acima de 60 mg/L, sob o risco de formar precipitados de fosfato de cálcio.
- Não misturar fertilizantes fosfatados com produtos contendo magnésio e ferro sob o risco de se formar fosfato de magnésio ou de ferro, que são insolúveis.
- Usar somente ácido fosfórico com alto grau de pureza para minimizar o risco de obstrução de gotejadores.
- Os ácidos e os fertilizantes acidificados são compatíveis com micronutrientes na forma de sulfatos até de 1,5% (em peso), mas são incompatíveis com os quelatizados.
- Não injetar fertilizantes contendo cálcio em água com mais de 300 mg/L de carbonato ácido (HCO_3) e pH acima de 7,5, sob o risco de precipitar sais de cálcio.
- Evitar a injeção de fertilizantes contendo cálcio, magnésio e enxofre, pois podem formar compostos insolúveis.
- Não injetar fertilizantes nitrogenados na forma nítrica em água contendo cálcio e magnésio, pois a elevação do pH da água poderá precipitar esses elementos.

Manejo da Fertirrigação

Dosagem de Nutrientes

A dosagem total de nitrogênio é normalmente calculada a partir da produtividade esperada do tomateiro, considerando que para cada tonelada de fruto a ser produzida deve-se aplicar cerca de 2,0 kg de nitrogênio. Por exemplo, se a produtividade esperada é de 120 t/ha, a dosagem total de nitrogênio a ser aplicada será de 240 kg/ha.

As dosagens de potássio e de fósforo devem ser determinadas conforme a análise química do solo e a produtividade esperada de frutos. Na Tabela 7 são apresentadas recomendações de adubação para uma

Tabela 7. Sugestão de adubação de fósforo e potássio, para solos de cerrado, segundo o nível de disponibilidade dos nutrientes no solo, para uma produtividade esperada do tomateiro de 85 t/ha.

Fósforo		Potássio	
P no solo* (mg/L)	P_2O_5 (kg/ha)	K no solo (mg/L)	K_2O (kg/ha)
0 - 10	600	0 - 30	250
11 - 20	500	31 - 60	200
21 - 30	400	61 - 100	150
> 30	300	> 100	100

* Método de Mehlich.
Obs.: mg/L = 1 ppm.
Fonte: Adaptado de Fontes (2000).

produtividade de 85 t /ha. Se a produtividade esperada for acima de 85 t /ha, deve-se aplicar uma quantidade adicional de potássio e fósforo para suprir a maior extração de nutrientes pelas plantas. Sugere-se aplicar 4,0 kg de K20 e 1,0 kg de P 205 para cada tonelada de fruto produzido acima das 85 t /ha.

Para cálcio deve-se aplicar, além da quantidade necessária para que a saturação de bases do solo (V %) atinja 70%, uma dosagem entre 40 e 70 kg/ha de Ca via fertirrigação a partir do florescimento.

Parcelamento dos Nutrientes

Por razões econômicas, nem todos os nutrientes necessitam ser aplicados via fertirrigação no cultivo do tomateiro. Sugere-se aplicar na adubação de plantio: 15% do nitrogênio e do potássio total requerido; 50% a 100% do fósforo; saturar o complexo de troca do solo para 70%; 100% dos demais macro e micronutrientes.

Recomendações para o parcelamento de nutrientes via fertirrigação, ao longo do ciclo de desenvolvimento do tomateiro, são apresentadas na Tabela 8. As quantidades são indicadas de forma relativa, sendo que a quantidade a ser aplicada por fertirrigação é determinada a partir da dosagem total recomendada de cada nutriente.

Freqüência da Fertirrigação

A freqüência da fertirrigação depende, dentre outros fatores, do tipo de fertilizante e do solo. Fertilizantes com maior potencial de lixiviação, como os nitrogenados, devem ser aplicados mais freqüentemente que aqueles com menor potencial, como os potássicos. Todavia, para não aumentar o uso de mão-de-obra, e em razão de as principais fontes de nitrogênio e potássio poderem ser misturadas e aplicadas simultaneamente, geralmente se adota a mesma freqüência. Para gotejamento em solos de textura média e fina, a fertirrigação pode ser realizada' semanal

Tabela 8. Quantidade relativa de nitrogênio, potássio, fósforo e cálcio a ser aplicada semanalmente via fertirrigação, ao longo do ciclo de desenvolvimento do tomateiro.

Nutriente	Quantidade relativa do nutriente (%)[1] Período da cultura (semana)																	
	Plantio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Ciclo de 100 - 110 dias																		
N	15	0	2	2	2	7	10	10	10	10	10	10	10	2	0	0	--	--
K	15	0	2	2	2	7	10	10	10	10	10	10	10	2	0	0	--	--
P[2]	50	0	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	0	0	0		--
Ca[3]	V=70%[4]	0	0	0	5	5	5	15	15	15	15	15	10	0	0	0	--	--
Ciclo de 110 - 120 dias																		
N	15	0	2	2	2	2	10	10	10	10	10	10	10	7	0	0	0	--
K	15	0	2	2	2	2	10	10	10	10	10	10	10	7	0	0	0	--
P[2]	50	0	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	0	0	0	0	--
Ca[3]	V=70%[4]	0	0	0	0	5	5	15	15	15	15	15	15	0	0	0	0	--
Ciclo de 120 - 130 dias																		
N	15	0	2	2	2	2	5	10	10	10	10	10	10	6	6	0	0	0
K	15	0	2	2	2	2	5	10	10	10	10	10	10	6	6	0	0	0
P[2]	50	0	3	3	3	5	5	5	5	5	5	5	3	3	0	0	0	0
Ca[3]	V=70%[4]	0	0	0	0	0	5	5	15	15	15	15	15	15	0	0	0	0

1 % de nutriente a ser aplicada em cada fase da cultura em relação à quantidade total recomendada. 2 Aplicar todo o fósforo em pré-plantio caso a análise de solo indicar P > 20 *mg/dm3*.
3 % em relação ao total a ser aplicada via fertirrigação.
4 Aplicar a quantidade necessária para que a saturação de bases atinja 70%.
Fonte: Adaptádo de Marouelli *et al. (2001).*

mente. Em solos de textura grossa, duas vezes por semana. A freqüência da fertirrigação para fósforo e cálcio pode ser sema

nal, mas nunca no mesmo dia para não provocar problemas de precipitação na tubulação.

Exemplo 2: Calcular a quantidade de nutrientes a ser aplicada por fertirrigação ao longo do ciclo cultural do tomateiro para a seguinte situação:

- Ciclo da cultura: 115 dias
- Produtividade esperada: 125 t/ha
- Solo: classe textural argilosa (cerrado)
- Freqüência de irrigação: 1 a 3 dias
- Freqüência de fertirrigação: 1 vez por semana
- Análise de solo: 85 mg/dm3 de K; 18 mg/dm3 de P
- Dosagem de cálcio via fertirrigação: 50 kg/ha

A dosagem de nitrogênio, computada conforme a previsão de produtividade, é de 250 kg/ha (2,0 kg/t x 125 t/ha). Pela Tabela 7, para um solo com 85 mg/dm3 de potássio e 18 mg/dm3 de fósforo, obtémse que a dosagem é de 150 kg/ha de K20 e 500 kg/ha de P205. A dosagem total de K20 será de 310 kg/ha
[150 kg/ha + 4,0 kg/t x (125 t/ha - 85 t/ha)) e a de P 205 de 540 kg/ha
[500 kg/ha + 1,0 kg/~ x (125 t/ha - 85 t/ha)).

A quantidade de nutriente a ser aplicada por semana (Tabela 9) é calculada multiplicando-se a dosagem total recomendada do nutriente pela quantidade relativa indicada na Tabela 8 em cada fase, para um cultivo com ciclo de 115 dias.

Tabela 9. Quantidade de nitrogênio, potássio, fósforo e cálcio, em kg/ha/semana, a ser aplicada via fertirrigação, ao longo do ciclo de desenvolvimento do tomateiro, referente à solução do exemplo 2.

Nutriente	Período da cultura (semana)															
	Plantio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
N	37,5	0,0	5,0	5,0	5,0	5,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	17,5	0,0	0,0	0,0
K_2O	46,5	0,0	6,2	6,2	6,2	6,2	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	21,7	0,0	0,0	0,0
P_2O_5	270,0	0,0	10,8	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	16,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Ca	V=70%	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	2,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0

V = saturação de bases recomendada para o solo.

Preparo e Aplicação da Solução

Para evitar que fertilizantes sólidos causem problemas de obstrução de filtros e gotejadores, os fertilizantes devem ser previamente dissolvidos em um tanque secundário, obedecendo às limitações de compatibilidade entre os fertilizantes. Nesse tanque, a solução deve ser deixada em repouso por 24 horas para que resíduos não solúveis sedimentem no fundo do tanque. Somente a solução clara, transparente e livre de resíduos deve ser transferida para o tanque de solução.

O procedimento de aplicação de fertilizantes via água de irrigação envolve três fases; na primeira e na terceira, deve-se somente irrigar, e na segunda fertirrigar. A primeira permite equilibrar a pressão do sistema de irrigação, de modo a garantir maior uniformidade de distribuição dos fertilizantes. A segunda fase, em que o fertilizante é efetivamente aplicado, não deve ser inferior a 10 minutos. A terceira fase deve ser suficiente para lavar completamente o sistema de irrigação, para minimizar problemas de corrosão, entupimento de gotejadores, desenvolvimen

to de microorganismos no sistema e para melhorar a incorporação do fertilizante na zona radicular.

Estado Nutricional das Plantas

o processo de fertirrigação pressupõe quantidades e freqüências de aplicação de nutrientes adequadas visando maximizar a produtividade. No entanto, muitas vezes depara-se com sintomas de deficiências ou de toxicidade nas plantas. Além disso, o manejo impreciso da fertirrigação pode causar problemas de salinização, de acidificação do solo e de contaminação do lençol freático.

A disponibilidade e as interações entre os diversos macro e micronutrientes, além da produtividade, podem influenciar no ciclo da cultura e na qualidade dos frutos. A manutenção de nível elevado de nitrogênio nas folhas após a frutificação tende a prejudicar a viabilidade de pólen e retardar a maturação. Alta disponibilidade de potássio no solo está relacionada com maior síntese de açúcares nos frutos, maior firmeza e melhor coloração de fruto, enquanto que excesso de nitrogê
nio causa redução nos teores desses carboidratos e afeta a qualidade geral do fruto. Jáo fósforo ajuda o bom desenvolvimento das raízes, das ramas e das folhas.

A podridão apical e o coração preto são distúrbios fisiológicos causados pela deficiência de cálcio, resultante da baixa disponibilidade desse elemento no solo ou por condições que limitem a translocação de cálcio para o fruto, como é o caso da deficiência de água no solo. A incidência desses distúrbios aumenta significativamente quando os teores de cálcio no fruto caem abaixo de 0,8 g/kg (massa fresca), raramente ocorrendo com teores acima de 1,2 g/kg.

A cultura do tomateiro, como a grande maioria das hortaliças, tem ciclo relativamente curto, o que não permite larga margem para a recuperação de danos causados por práticas inadequadas de fertilização. Mesmo assim, é possível detectar problemas a tempo de evitar maiores prejuízos ao rendimento da cultura.

Antes, porém, de serem tomadas quaisquer providências no sentido de diagnosticar a ocorrência de deficiência ou toxicidade de nutrientes às plantas, é necessário eliminar-se a possibilidade de outros fatores estarem causando determinados sintomas, tais como: excesso ou falta de água; toxicidade de herbicidas; temperaturas anormais; danos mecânicos; e ataque de pragas e/ou doenças.

Métodos de Avaliação

Existem diversos procedimentos que podem ser empregados para avaliação, direta ou indiretamente, do estado nutricional das plantas. Os métodos indiretos estimam a concentração de determinado nutriente na planta por meio da aparência visual da planta ou de alguma característica que seja correlacionada com as concentrações do nutriente na planta. Como exemplo, podese citar o teor de clorofila nas folhas como função da concentração de nitrogênio. Os métodos diretos são aqueles em que a concentração de certo nutriente é estimada por meio da análise química da matéria seca ou da seiva da planta.

Qualquer que seja o método utilizado, a interpretação dos resultados e o diagnóstico serão mais confiáveis se feitos com auxílio de uma análise visual dos sintomas, eliminando-se os possíveis efeitos de fatores varietais, ambientais, pragas ou doenças.

Método visual

Consiste na observação, caracterização e descrição de sintomas de deficiência ou toxicidade em determinada planta e compará-los com sintomas padronizados de cada nutriente, para a mesma espécie ou variedade de planta. Para maior precisão do diag -

nóstico, deve-se levar em consideração aspectos como: distribuição dos sintomas na área; estado fisiológico da planta; posicionamento dos sintomas na planta; localização dos sintomas nas folhas; e simetria do aparecimento de sintomas de deficiência mineral na planta. Os sintomas de deficiência de elementos muito móveis nas plantas, como o nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio, por exemplo, aparecem primeiro nas folhas mais velhas.

O método visual, por ser realizado no campo, sem o uso de equipamentos, é muito rápido. Existem, entretanto, desvantagens ou dificuldades associadas à utilização do mesmo. As principais estão relacionadas às interações antagônicas por um lado e sinergísticas por outro, entre os elementos no solo e na planta, além de interferências e interações de diversos fatores ambientais e genotípicos. Tudo isso faz com que seja perdida a especificidade dos sintomas, dificultando o diagnóstico.

Os sintomas de deficiência mais encontrados nas folhas, seja em todo o limbo foliar seja entre as nervuras, são a clorose, que é um amarelecimento das folhas, as deformações e a necrose foliar. A clorose uniforme tem sido considerada como o sintoma mais evidente da deficiência de nitrogênio. Na Tabela 10 e na Fig. 6 apresentam-se as características dos principais sintomas visíveis de deficiência de macronutrientes em plantas de tomateiro.

Outros métodos indiretos

Existem vários outros métodos indiretos para a avaliação de distúrbios nutricionais em plantas, que incluem, por exemplo, a medição da atividade enzimática em determinado tecido, do teor de clorofila nas folhas, da reflectância de certos comprimentos de ondas pelas folhas e a avaliação de características morfológicas e fisiológicas das plantas. Geralmente requerem equipamentos sofisticados e caros e/ou procedimentos trabalhosos.

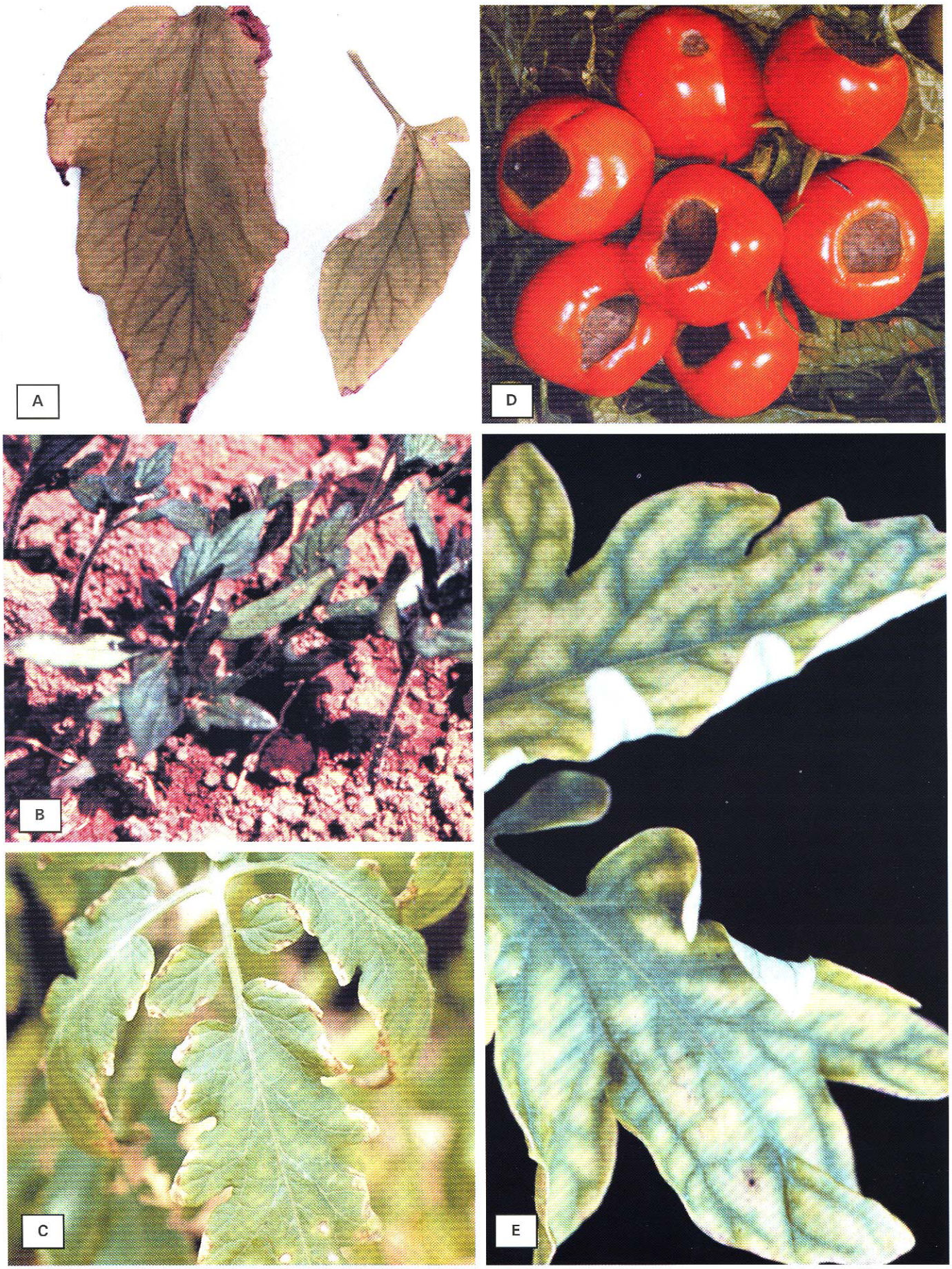
Método da análise química ou foliar

O método da análise foliar é um procedimento laboratorial para a determinação das concentrações de macro e micronutrientes existentes na planta. Desta forma, há a necessidade de coletar

Tabela 10. Sintomas visíveis de deficiências de macronutrientes em tomateiro.

Nutriente	Sintomas
Nitrogênio	Clorose das folhas mais velhas, com nervuras amareladas ou com tonalidade rósea. Em casos mais severos, toda a planta apresenta estado de clorose. Senescência precoce.
Fósforo	Face dorsal dos folíolos novos (nervuras e áreas internervais) com tonalidade arroxeada, e face ventral com coloração verde intensa. Folíolos menores e curvados para baixo. Folhas mais velhas podem mostrar necrose e leve clorose internerval.
Potássio	Necrose na margem e extremidade das folhas mais velhas, com aparência de queima. Folhas velhas podem mostrar clorose internerval; enquanto os folíolos, pequenos pontos necróticos entre as nervuras. As plantas podem apresentar acamamento.
Cálcio	Flacidez dos tecidos da extremidade dos frutos, evoluindo para uma necrose deprimida, seca e negra (podridão apical). Podridão seca e negra interna ao fruto (coração preto). Folíolos com extremidades recurvadas para baixo e morte das gemas terminais.
Magnésio	Clorose internerval em toda a superfície dos folíolos mais velhos, com coloração amarela brilhante, permanecendo verdes as nervuras. Sob deficiência severa, as áreas amarelas vão escurecendo, tornando-se necrosadas.

Fonte: Fontes (20001 e Fontes (2001 I.



Fotos **A** e **B**: Leonardo B. Giordano - **C**: Acervo Embrapa Hortaliças - **D**: Waldir A. Marouelli - **E**: Ruy R. Fontes

Fig. 6. Sintomas de deficiências nutricionais do tomateiro: (A) nitrogênio; (B) fósforo; (C) potássio; (D) cálcio; (E) magnésio.

amostras de material para análise em laboratório. A estratégia de amostragem inclui cuidados e procedimentos específicos para cada cultura. As amostras devem ser coletadas em pelo menos 30 plantas por hectare, de forma aleatória, sempre retirando-se a quarta folha (e respectivo pecíolo), a partir do ápice da planta. Os resultados da análise devem ser comparados a padrões existentes de níveis de nutrientes na folha de tomateiro (Tabela 11).

Um fator limitante do método é o tempo (1 a 2 semanas) que leva entre a amostragem e a obtenção dos resultados de laboratório. Dependendo do grau de deficiência, prejuízos ao desempenho da cultura podem ocorrer antes mesmo dos resultados da análise serem obtidos.

Método da análise da seiva

A análise de nutrientes na seiva, geralmente do pecíolo ou da folha, tem sido empregada em algumas culturas pela rapidez e facilidade, podendo ser realizada no próprio campo.

Pode ser uma valiosa ferramenta para monitorar o programa de fertirrigação e para diagnosticar suspeitas de deficiência de nutrientes em tempo real. Níveis adequados de nitrato e potássio na seiva de pecíolos de tomateiro são apresentados na Tabela 12.

A análise, geralmente de nitrogênio (nitrato) e potássio, é feita com a utilização de kits de reagentes comercializados em várias formas, principalmente fitas de papel que, quando em contato com a seiva, apresentam uma coloração de determinada intensidade, a qual é comparada com padrões preestabelecidos. Também estão disponíveis no mercado microeletrodos portáteis, baseados em princípios potenciométricos.

A precisão das avaliações utilizando tais dispositivos tem sido questionada devido a uma série de fatores. O principal está relacionado à falta de calibração específica para determinadas condições, pois os teores de nutrientes na planta são muito influencia dos por fatores ambientais, como hora do dia e intervalo entre a última irrigação e o momento da avaliação.

Tabela 11. Níveis adequados de nutrientes na folha de tomateiro (matéria seca) no estádio inicial de florescimento.

Macronutriente	Nível (g/kg)	Micronutriente	Nível (mg/kg)
N	40 - 60	B	30 - 100
P	3 - 6	Cu	5 - 15
K	30 - 50	Fe	40 - 200
Ca	10 - 30	Mn	40 - 250
Mg	4 - 6	Zn	20 - 50
S	5 - 10	Mo	0,3 - 0,5

Fonte: Fontes (2000).

Tabela 12. Faixas de suficiência para nitrato e potássio na seiva de pecíolos de tomateiro, nos diferentes estádios de desenvolvimento.

Estádio	$N\text{-}NO_3$ (mg/kg)	K (mg/kg)
Vegetativo	700 - 900	3.500 - 4.000
Início de floração / frutificação	600 - 800	3.500 - 4.000
Crescimento de fruto	500 - 700	3.500 - 4.000
Maturação	400 - 600	3.000 - 3.500

Obs.: $N\text{-}NO_3 = 0{,}226 \times NO_3$

Fonte: Adaptado de Burt *et al.* (1995) e Hochmuth & Smajstrla (1997).

Disponibilidade de Nutrientes na Solução do Solo

Adicionalmente aos procedimentos relatados anteriormente para avaliação do estado nutricional das plantas, pode ser interessante, quando possível, fazer-se o monitoramento da disponibilidade de nutrientes na solução do solo, principalmente durante os estádios mais críticos da cultura, como no de frutificação. Além dos nutrientes da solução do solo, podem ser verificados também a condutividade elétrica (CE) e o pH, que expressam, respectivamente, o nível de salinidade e acidez do solo.

Amostragem da Solução

As amostras da solução do solo são coletadas, preferencialmente uma vez por semana, por meio de tubos extratores instalados na zona de desenvolvimento ativo do sistema radicular. Semelhante a um tensiômetro, o tubo dispõe de uma cápsula porosa em uma das extremidades e uma tampa hermética na outra.

A coleta é realizada com auxílio de uma bomba de vácuo para fazer a sucção da solução do solo para o tubo via cápsula porosa. A amostra da solução é, então, retirada com uma seringa e posteriormente levada para análise. Em alguns tipos de extratores, a solução é automaticamente depositada em um pequeno recipiente acoplado ao tubo coletor.

Pode ocorrer dificuldade na obtenção da amostra quando o solo apresentar teores baixos a moderados de água no solo. Assim, para facilitar o procedimento, a amostragem deve ser realizada logo após a irrigação. No caso da irrigação por gotejamento, as dificuldades são menores, pois a umidade do solo émantida relativamente elevada durante quase todo o tempo.

A instalação do tubo coletor deve ser cuidadosa para evitar a retirada de amostras em regiões não típicas do sistema radicular e não acarretar resultados errôneos. Em termos gerais, sugere-se que o extrato r seja instalado entre 10 e 20 cm de profundidade, a cerca de 5 e 10 cm do' gotejador e da planta.

Tipos de Análise

A solução do solo pode ser analisada em laboratórios de análise química de solo/ água. Entretanto, dada a necessidade de ter-se respostas rápidas para que sejam tomadas providências corretivas imediatas, é conveniente que as análises sejam realizadas no próprio local de cultivo.

Devido à sua importância como nutriente e à sua dinâmica no sistema solo-planta, o procedimento de análise da solução tem sido mais empregado para nitrogênio. Em geral, os kits de testes rápidos são limitados a determinações de N03, pH e CE, o que na maioria das vezes é suficiente para resolver os problemas mais aflitivos. Todavia, equipamentos para determinações de P, K, Ca, Mg, S04 e CI também estão disponíveis.

Interpretação dos Resultados

Informações generalizadas para a interpretação da análise da solução do' solo são apresentadas na Tabela 13. Com base nas faixas de suficiência, a taxa de injeção de fertilizantes pode ser ajustada para corrigir o suprimento dos nutrientes. Convém salientar que devido às características típicas da fertirrigação por gotejamento, já discutidas

Tabela 13. Sugestão para interpretação de nutrientes, condutividade elétrica (CE) e acidez na solução do solo.

Indicador	Faixa de suficiência
$N\text{-}NO_3$	50 – 75 mg/dm³
K	20 – 60 mg/dm³
Ca	Balanço da solução: Ca = 10 x K
Mg	20 – 30 mg/dm³
CE	2,0 – 3,0 dS/m
pH	5,5 – 7,0

Fonte: Adaptado de Burt *et aI.* (1995) e Allen *et aI. (1998).*

neste trabalho, a interpretação dos níveis de nutrientes na solução do solo será diferente quando o processo de fertilização for outro.

o nível de suficiência de determinado nutriente depende, além da cultura, do tipo de solo e da percentagem do volume de solo umedecido pelo sistema de irrigação. Além disso, devido às muitas possibilidades de erros que podem ocorrer no processo de amostragem, principalmente, a análise química da solução do solo não deve ser utilizada como única fonte para tomada de decisões, mas apenas para indicar tendências.

É conveniente observar ainda que nem sempre variações de determinado nutriente, como por exemplo a redução de nitrato, significa que este foi absorvido pela plantas durante o período em consideração. Neste caso, pode ter havido perda por lixiviação, causada por irrigações excessivas, chuvas ou por problemas de uniformidade de distribuição da irrigação.

Síntese das Recomendações

- gotejamento é uma opção viável para a irrigação do tomateiro para processamento industrial na região do Cerrado. A viabilidade econômica, todavia, está condicionada a um manejo racional da água de irrigação e da fertirrigação.

- As principais vantagens do gotejamento, comparativamente à aspersão, são: maior produtividade e qualidade de frutos; menor gasto de água; menor incidência de doenças foliares; maior flexibilidade no uso da fertirrigação; maior receita líquida.

- sistema de plantio deve ser realizado preferencialmente em fileiras simples, com uma lateral de gotejadores por linha de plantio. O espaçamento entre gotejadores deve ser de 50% a 70% do diâme - tro molhado na superfície do solo (20 a 40 cm para solos de cerrado).

- As linhas de gotejadores devem ser instaladas na superfície do solo ou para minimizar os danos mecânicos e os causados por roedores à tubulação e facilitar as práticas culturais e a colheita - entre 5 e 10 cm de profundidade. Profundidades superiores a 10 cm apresentam limitações, não devendo ser utilizadas em solos de cerrado.

- principal problema do gotejamento é o entupimento dos emissores. Para evitá-lo, deve-se instalar um sistema eficiente de filtragem de água, analisar a qualidade da água e verificar a compatibilidade dos fertilizantes a serem aplicados via fertirrigação.

- estádio de frutificação é o mais crítico quanto à deficiência de água no solo; contudo, o excesso favorece a ocorrência de doenças e o apodrecimento de frutos.

- controle preciso da irrigação pode ser realizado pelos métodos do balanço hídrico e da tensão da água do solo, os quais baseiam-se na avaliação, em tempo real, de parâmetros relacionados à planta, ao solo e ao clima. Requerem, todavia, equipamentos para medição da umidade do solo e/ou da evapotranspiração.

- As irrigações devem ser realizadas quando a tensão de água no solo, a 50% da profundidade efetiva de raízes, atingir 70 kPa durante o estádio vegetativo, 15 kPa durante o estádio de frutificação e 40 kPa durante a maturação.

- coeficiente de cultivo Kc para tomateiro irrigado por gotejamento é 0,45 para o estádio inicial, 0,40 para o vegetativo, 0,95 para o de frutificação e 0,70 para o de maturação.

- método do turno de rega simplificado, baseado em dados históricos de evapotranspiração, é fácil de ser utilizado e não requer o uso de equipamentos; porém, apresenta menor precisão que os métodos do balanço hídrico e da tensão.

- Em termos gerais, o turno de rega para solos de textura média e fina de cerrado varia de 1 a 2 dias durante os estádios inicial e de frutificação, de 4 a 6 dias durante o vegetativo e de 2 a 4 dias durante o de maturação.

- Para uniformizar a maturação e aumentar o teor de sólidos solúveis dos frutos, as irrigações devem ser paralisadas vários dias antes da colheita. Para solos de cerrado, maior rendimento de polpa é obtido quando as irrigações são suspensas cerca de 2 semanas antes da colheita (40% a 50% de frutos maduros). Máxima produção de frutos pode ser atingida irrigando-se até cerca de 1 semana antes da colheita (80% a 90% de frutos maduros).

- Por razões econômicas e práticas, a fertirrigação pode ser realizada com freqüência semanal. Também não se faz necessário o fornecimento de todos os fertilizantes via água. Sugere-se aplicar na adubação. de plantio: 15% do nitrogênio e do potássio; 50% a 100% do fósforo; saturar o complexo de troca do solo para 70%; 100% dos demais macro e micronutrientes.

- tomateiro tem ciclo relativamente curto e alta exigência nutricional, o que não permite larga margem para a recuperação de danos causados por práticas inadequadas de fertilização. Assim, a adubação de plantio e a fertirrigação devem ser realizadas de forma adequada, visando minimizar prejuízos ao rendimento da cultura.

Referências Bibliográficas

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 328p. (Irrigation and Drainage Papers, "56).

BURT, C.M.; O 'CONOR, K.; RUEHR, T. Fertigation. San Luis Obispo: Irrigation Training and Research Center: California Polytechnic State University, 1995. 295p.

FONTES, P.C.R. Diagnóstico do estado nutrieional das plantas. Viçosa: UFV, 2001. 122p.

FONTES, R.R. Solo e nutrição da planta. In: SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B., (Ed.). Tomate para proeessamento industrial. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia: Embrapa Hortaliças, 2000. p.22-35.

GILBERT, R.G.; FORD, H.W. Emitter clogging. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. (Ed.). Triekle irrigation for erop produetion: design, operation and management. Amsterdam: Elsevier, 1986. p.142-163. .

HOCHMUTH, G.J.; SMAJSTRLA, A.G. Fertilizer applieation and management for miero (drip)-irrigated vegetables. Gainesville: University of Florida/Cooperative Extension Service/Institute of Food and Agricultural Sciences, 1997. 33p. (Circular, 1181).

KELLER, J.; BLIESNER, R.D.Sprinkler and triekle irrigation. New York:VanNostrand Reinhold, 1990. 652p.

MAROUELLI, W.A.; SANT'ANA, R. R.; SILVA, W.L.C. Performance econômica do tomateiro para processamento irrigado por gotejamento e pivô central, nas condições de cerrados do Brasil Central. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12., 2002, Uberlândia. [Anais...]. Uberlândia: ABID, 2002. CD-Rom.

MAROUEILI, W.A.; SilVA, H.R. Aspectos sanitários da água para fins de irrigação. Brasnia: EMBRAPA-CNPH, 1998. 7p. (Comunicado Técnico da Embrapa Hortaliças, 5).

MAROUEILI, W.A.; SilVA, H.R.; SilVA, W.L.C. Espaçamento de gotejadores para tomateiro industrial cultivado em fileiras simples e duplas. Horticultura Brasileira, Brasília, v.19, 2001. Suplemento. CD-Rom. Trabalho apresentado no 410 Congresso Brasileiro de Olericultura, Brasília, 2001.

MAROUEILI, W.A.; SilVA, W.L.C. Irrigação. In: SilVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B., (Ed.) Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia: Embrapa Hortalicas, 2000. p.60-71.

MAROUEILI, W.A.; SilVA, W.L.C. Profundidade de instalação da linha de gotejadores em tomateiro para processamento industrial. Horticultura Brasileira, Brasília, v.20, n.2, p.206-210. 2002.

MAROUEILI, W.A.; SilVA, W.L.C. Resposta do tomateiro industrial, sob irrigação por gotejamento, a diferentes tensões de água no solo. Horticultura Brasileira, Brasília, v.19, 2001. Suplemento. CD-Rom. Trabalho apresentado no 41 o Congresso Brasileiro de Olericultura, Brasília, 2001.

MAROUEILI, W.A.; SilVA, W.L.C.; MORETTI, C.L. Freqüência de irrigação por gotejamento em tomateiro para processamento. I. Estádio vegetativo. In: CONGRESSO BRASilEIRO DE ENGENHARIA AGRíCOLA, 31., 2002, Salvador. Anais... Salvador: SBEA: UFB: EMBRAPA, 2002. p.740-743. CD-Rom.

MAROUEILI, W.A.; SilVA, W.L.C.; MORETTI, C.L. Freqüência de irrigação por gotejamento em tomateiro para processamento. 11. Estádio de frutificação. In: CONGRESSO BRASilEIRO DE ENGENHARIA AGRíCOLA, 31., 2002, Salvador. Anais... Salvador: SBEA: UFB: EMBRAPA, 2002. p.990-993. CD-Rom.

MAROUEILI, W.A.; SilVA, W.L.C.; MORETTI, C.L. Gotejamento: opção para a irrigação do tomateiro para processamento nos cerrados. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001.

MAROUEILI, W.A.; SilVA, W.L.C.; SilVA, H. R. Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças, 2001. 111 p.

MAROUEILI, W.A.; SilVA, W.L.C.; SilVA, H. R. Manejo da irrigação em hortaliças. Brasnia: EMBRAPA-SPI:EMBRAPA-CNPH, 1996. 72p.

MONTAG, U. Fertigation in Israel. In: IFA AGRICUI TURAI CONFERENCE ON MANAGING PIANT NUTRITION, 1999, Barcelona. IFA Publications. Disponível em: < www.fertilizer.org/ifa/publicat/pdf/ 20.pdf>. Acesso em: 30 fev. 2001. 21 p.

SCAIFE, A.; BAR-YOSEF, B. Nutrient and fertilizer management in field grown vegetables. Basel: International Potash Institute, 1995. 104p. (IPI. Bulletin, .13).

SilVA, W.L.C.; GIORDANO, L.B.; MAROUEILI, W.A.; FONTES, R.R.; GORNAT, B. Response of six processing tomatoes cultivars to subsurface drip fertigation. Acta Horticulturae, n.487, p.569-573, 1999.

SilVA, W.L.C.; GIORDANO, L.B.; SilVA, J.B.C.; MAROUEILI, W.A. The use of drip irrigation for processing tomatoes in Brazil. Acta Horticulturae, n.542, p.103-105', 2001.

SilVA, W.L.C.; MAROUEILI, W.A.; MORETTI, C.I; CARRIJO, O.A. Maximizando a produção de tomates para processamento com nitrogênio via fertirrigação por gotejamento. Horticultura Brasileira, Brasília, v.20, n.2, 2002. Suplemento 2. CD-Rom. Trabalho apresentado no 420 Congresso Brasileiro de Olericultura, Uberlândia, 2002.

SILVA, W.L.C.; MAROUELLI, W.A.; SILVA, H.R.; CARRIJO, O.A. Suprimento de nitrogênio e potássio para tomateiro industrial via fertirrigação por gotejamento. Horticultura Brasileira, Brasília, v.19, 2001. Suplemento. CO-Rom. Trabalho apresentado no 410 Congresso Brasileiro de Olericultura, Brasília, 2001.

SILVA, W.L.C; MAROUELLI, W.A. Evaluation of irrigation scheduling techniques for processing tomatoes in Brazil. In: INTERNA TIONAL CONFERENCE ON EV APOTRANSPIRA TION ANO IRRIGA TION SCHEOULING, 1996, San Antonio. Proceedings... San Antonio: ASAE, 1996. p.522-526.

SILVA, W.L.C; MAROUELLI, W.A. Exploratory studies on microirrigation for processing tomatoes in Central B~azil. In: INTERNA TIONAL MICROIRRIGA TION CONGRESS, 5., 1995, Orlando. Proceedings... Orlando: ASAE, 1995. p.904-908.

Circular Técnica, 30

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Hortaliças
Endereço: Km 09 BR-060 Rodovia Brasília/Anápolis
Fone: (61) 385-9009
Fax: (61) 385-9042
E-maU: sac.hortalicas@embrapa.br

Ministério d. Agricultura.
P~cujria e Ab8Slec:imenlo

1! edição
1! impressão (2002): 1000 exemplares

Comitê de Publicações

Presidente: *Welington Pereira* Secretária-Executiva: *Sulamita Teixeira Braz* Membros: *Adonai Gimenez Caibo (Editor Técnico)*
André Nepomuceno Dusi
Carfos Alberto Lopes
Dione Meio da Silva (Editora de Arte) Maria Alice de Medeiros
Maria Fátima Bezerra Ferreira Lima Waldir Aparecido Marouelli
Warfey Marcos Nascimento

Expediente

Supervisoras editoriais: *Dione MeIo da Silva*
Maria Amélia de Amaral e *Elái*
Fotos: *Waldir A. Marouelli* Editoração eletrônica: *Vicente Júnior* / *Brisa Editora*